



Universidad  
Carlos III de Madrid

# **GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

## **TRABAJO FINAL DE GRADO**

Climatización de un edificio de oficinas y estudio  
paramétrico normalizado de costos de instalación de  
sistemas de aire acondicionado de compresión de  
vapor de pequeña y media capacidad en verano

ALUMNO: JAVIER ARTIAGA GARCÍA-MIGUEL  
TUTOR: ING. RICARDO ALBERTO LOPEZ SILVA

## Agradecimientos

Este trabajo final de grado realizado en la universidad Carlos III de Madrid es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar la competencia y la experiencia de muchas personas que deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar agradecer a mi padre, a mi madre y a mi hermano, que son los que verdaderamente saben el sacrificio y el esfuerzo que he realizado para llegar hasta donde he llegado, por esos momentos de motivación que me dieron y me dan, con ese ímpetu en ayudarme, en crecer día a día, en mentalizarme de que todo lo que uno piensa se puede conseguir, en que con el esfuerzo diario uno puede conseguir lo que más quiere, de todo corazón, gracias por estar ahí y gracias por las facilidades que me habéis dado para lograrlo.

Otro de los pilares de mi sacrificio y motivación que quiero agradecer con todas mis fuerzas es a mi novia Patricia Crespo Toubes, sencillamente la mejor compañera, amiga y pareja que se pueda tener, me has ayudado, me has apoyado, has estado ahí cuando lo he necesitado y has confiado en mí y sobre todo, me has entendido. GRACIAS, la mitad de este proyecto te pertenece por todo el apoyo que me has dado.

Me gustaría agradecer con especial cariño a mi tutor RICARDO ALBERTO LOPEZ SILVA, por haberme guiado por este largo camino de nuevos conocimientos con paciencia y constancia, por recibirme en su despacho a horas difíciles de cuadrar por mi trabajo para conseguir llegar hasta este punto. Muchas gracias por todo y espero que tengas suerte en el futuro tanto a nivel personal como laboral.

A mis amigos de DAVOINA también quería agradecerles todo su cariño y apoyo mostrado a lo largo de mi vida y más especialmente cuando han estado allí cuando les he necesitado. Los verdaderos amigos son aquellos que han estado ahí cuando preferían estar en otra parte. ¡Gracias!

Los compañeros de la universidad se merecen tener unas palabras de agradecimiento en mi TFG por la sinceridad y las duras jornadas que hemos compartido juntos en la universidad, me habéis empujado a lograr todo aunque por el camino haya habido muchos obstáculos difíciles de pasar, al final lo conseguimos. Sois todos buenísimas personas y os merecéis lo mejor, me llevo un bonito recuerdo de vosotros allí donde estéis y unos muy buenos amigos.

Agradecer también a mis nuevos compañeros de trabajo en el BBVA por la preocupación y la confianza que han depositado en mí en estos 6 meses, gracias a todos y gracias por ser como sois.

Este TFG quiero dedicarlo en especial a mis abuelas, podría escribir hojas y hojas con todas las cosas buenas que tengo que deciros y ninguna mala, gracias a vosotras soy como soy, gracias a vuestro cariño, este trabajo es fruto de todo eso por lo que he peleado y es gracias a vosotras por lo que lo he conseguido.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.



# Índice

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE GRÁFICAS .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE ECUACIONES .....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. RESUMEN .....	13
1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO .....	13
1.3. EMPLAZAMIENTO .....	14
1.4. DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE .....	15
1.4.1. Planos 3D Planta baja.....	16
1.4.2. Planos 3D Primera planta.....	16
<b>2. PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>19</b>
2.1. EDIFICIO.....	19
2.1.1. Planta baja .....	21
2.1.2. Primera planta .....	21
2.2. OCUPACIÓN .....	21
2.3. CONDICIONES EXTERIORES.....	24
2.4. CONDICIONES INTERIORES.....	28
2.4.1. Bienestar .....	28
2.4.2. Calidad térmica del ambiente.....	29
2.4.3. Calidad del aire interior.....	29
2.4.4. Seguridad.....	29
2.4.5. Calidad del ambiente acústico.....	30
<b>3. PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>31</b>
3.1. ZONA CLIMÁTICA.....	31
3.2. RENOVACIÓN DE AIRE .....	33
3.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	34
3.3.1. Muros.....	34
3.3.2. Ventanas .....	35
3.3.3. Techo (entre plantas) .....	37
3.3.4. Techo (azotea) .....	37
3.3.5. Puerta de cristal .....	38
3.4. CONDUCTANCIAS.....	38
3.4.1. Muros.....	38
3.4.2. Ventanas .....	39
3.4.3. Techo (entre plantas) .....	39
3.4.4. Techo (Azotea).....	39
3.4.5. Puerta de cristal .....	40
3.5. COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSMISIÓN (TRANSMITANCIA TÉRMICA) .....	40
3.6. CARGAS TÉRMICAS.....	40
3.6.1. Cargas térmicas exteriores.....	42
3.6.2. Cargas térmicas interiores.....	51
3.6.3. Cargas totales .....	63
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>65</b>
4.1. FUNCIONAMIENTO AIRE ACONDICIONADO POR CONDUCTOS .....	65
4.2. PARTES DE LA INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO .....	66
4.2.1. Compresor .....	66
4.2.2. Condensador .....	67
4.2.3. Válvula de Expansión.....	67
4.2.4. Evaporador .....	67

4.2.5. Conductos.....	68
4.2.6. Tubos de cobre .....	68
4.2.7. Recuperadores entálpicos.....	68
4.2.8. Ventilador exterior.....	69
4.2.9. Filtros.....	69
4.2.10. Refrigerante.....	70
4.3. MANTENIMIENTO.....	73
4.4. AIRE ACONDICIONADO POR CONDUCTO CON RENOVACIÓN PLENUM.....	73
4.4.1. Ventajas.....	74
4.4.2. Inconvenientes .....	74
4.5. DENOMINACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AIRE.....	75
4.5.1. Clasificación de aire extraído EXR y aire descargado DES.....	76
4.5.2. Clasificación de aire de impulsión SUP.....	76
4.5.3. Clasificación de aire interior IDA.....	76
4.5.4. Clasificación de aire exterior ODA .....	76
4.5.5. Filtración de aire.....	77
4.5.6. Aire de extracción ETA .....	77
4.5.7. Velocidad media del aire permitida en el interior .....	77
<b>5. EQUIPO SELECCIONADO.....</b>	<b>79</b>
5.1. ESPECIFICACIONES .....	81
5.1.1. Evaporador .....	81
5.1.2. Condensador .....	81
5.1.3. Conjunto .....	82
5.1.4. Distribución .....	83
5.1.5. Ventilador de aire exterior.....	84
<b>6. SISTEMA DE CONDUCTOS .....</b>	<b>86</b>
6.1. DEFINICIÓN Y NORMATIVA .....	86
6.2. CONDUCTOS .....	86
6.2.1. Material de los conductos.....	87
6.2.2. Uniones entre conductos.....	87
6.2.3. Colocación de conductos.....	88
6.2.4. Aislamiento térmico de redes de conductos.....	88
6.2.5. Mantenimiento de conductos .....	89
6.3. CÁLCULO DE CONDUCTOS.....	90
6.3.1. Evaporador de 7200m3/h.....	90
6.3.2. Evaporador de 9600m3/h.....	91
6.4. TIPOS DE CONDUCTOS .....	92
6.4.1. Primera planta.....	92
6.4.2. Segunda planta.....	93
6.5. PERDIDAS DE CARGA.....	94
6.5.1. Tramos rectos.....	94
6.5.2. Codos de 3 tramos .....	94
6.5.3. Reducciones.....	94
6.5.4. Pantalón recto .....	95
6.5.5. Bifurcación en T .....	95
6.6. UNIDADES TERMINALES.....	96
6.6.1. Definición.....	96
6.6.2. Difusores rotacionales.....	96
6.6.3. Rejillas de impulsión.....	96
6.6.4. Cálculo de rejillas de impulsión. ....	97
6.6.5. Rejillas de renovación .....	101
6.6.6. Cálculo de las rejillas de renovación.....	101
6.6.7. Rejillas intemperie.....	104
6.6.8. Tipos de aislamientos.....	104
<b>7. IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>106</b>
<b>8. PRESUPUESTOS.....</b>	<b>108</b>
8.1. MATERIALES .....	108

8.2. CONSUMO ENERGÉTICO .....	112
<b>9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>114</b>
9.1. CLIMATIZACIÓN POR SPLIT (COMPRESOR INVERTER).....	114
9.2. CLIMATIZACIÓN POR CASSETTE Y CONDUCTOS .....	116
9.3. CLIMATIZACIÓN MIXTA CON VENTILACIÓN E IMPULSIÓN CONECTADA A CONDUCTOS.....	118
9.4. CLIMATIZACIÓN MEDIANTE CONDUCTOS CON TECNOLOGÍA INVERTER. ....	119
<b>10. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>121</b>
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>122</b>
<b>12. ANEXO EQUIPOS .....</b>	<b>123</b>
12.1 CONDENSADOR PUHZ-RP200-250 .....	123
12.1.1. Especificaciones .....	123
12.1.2. Curvas criterio de ruidos.....	123
12.1.3. Datos de operación .....	124
12.1.4. Diagrama de instalación .....	125
12.1.5. Diagrama del sistema de refrigeración.....	126
12.1.6. Diagrama de puntos de prueba .....	127
12.2. EVAPORADOR PEA-RP400 Y PEA RP500.....	128
12.2.1. Especificaciones .....	128
12.2.2. Curva de actuación del ventilador.....	128
12.2.3. Diagrama de instalación .....	129
12.2.4. Diagrama del sistema de refrigerante.....	130
12.2.5. Diagrama de puntos de prueba .....	131
12.2.6. Documentación de servicio (partes del evaporador).....	132
12.3. VENTILADOR AIRE EXTERIOR .....	133
12.3.1. Características técnicas.....	133
12.3.2. Características acústicas.....	133
12.3.3. Curva característica.....	134
12.3.4. Opciones de montaje .....	134
<b>13. ANEXO PLANOS .....</b>	<b>135</b>
13.1. EMPLAZAMIENTO .....	135
13.1.1. Planos 3D Planta baja.....	135
13.1.2. Planos 3D Primera planta. ....	135
13.1.3. Ocupación en Planta baja. ....	136
13.1.4. Ocupación en Primera planta. ....	136
13.2. CONDENSADOR PUHZ-RP200-250.....	137
13.3. EVAPORADOR PEA-RP400 Y PEA RP500.....	138
13.4. VENTILADOR AIRE EXTERIOR CVB/CVT 180 (MM) .....	139
<b>14. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....</b>	<b>140</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.Mapa de ubicación en la península. ....	14
Figura 2.Mapa de ubicación en Zaragoza. ....	15
Figura 3.Mapa Carreteras principales de Zaragoza. ....	15
Figura 4.RITE: Orientación de las fachadas. ....	17
Figura 5.Orientación edificio a proyectar sistema de climatización.....	17
Figura 6.Plano acotado del edificio.....	19
Figura 7.Plano distribución oficinas planta baja. ....	21
Figura 8.Plano distribución oficinas primera planta. ....	21
Figura 9.RITE: Densidades de ocupación en función del uso previsto. ....	22
Figura 10.Datos climatológicos del Aeropuerto de Zaragoza. ....	25
Figura 11.AEMET: Datos climatológicos del Aeropuerto de Zaragoza. ....	25
Figura 12.Condiciones exteriores de diseño. ....	27
Figura 13.RITE: Temperaturas y humedades relativas de diseño. ....	29
Figura 14.Condiciones interiores de diseño. ....	29
Figura 15.RITE: Valores del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado.....	30
Figura 16.RITE: Zonas climáticas de la Península Ibérica. ....	31
Figura 17.RITE: Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (Tmax en °C). ....	32
Figura 18.Renovación de aire; confort y salubridad. ....	33
Figura 19.Salud VS Coste energético ventilación. ....	34
Figura 20.Espesores materiales de los muros.....	35
Figura 21.Materiales de construcción de las ventanas. ....	36
Figura 22.Espesores materiales de las ventanas. ....	36
Figura 23.Variación de los coeficientes globales de transferencia en función de los espesores. ....	37
Figura 24.Espesores materiales del techo entre plantas. ....	37
Figura 25.Espesores materiales del techo (azotea). ....	37
Figura 26.Espesor material de la puerta de cristal.....	38
Figura 27.Coficiente global de transmisión de los diferentes elementos de construcción.....	40
Figura 28.Determinación del tipo de techo.....	45
Figura 29.AEMET: Irradiación directa media en verano 2010-2014. ....	49
Figura 30.Recorrido del sol en horario de verano. ....	51
Figura 31.RITE: Potencia máxima instalada iluminación.....	53
Figura 32.RITE: Nº Renovaciones de aire por hora.....	55
Figura 33.RITE: Caudales de aire exterior, en dm3/s por persona. ....	57
Figura 34.RITE: Caudales de aire exterior, dm3 por segundo y unidad de superficie.....	58
Figura 35.RITE: Concentración de CO2 máxima admisible en los locales.....	59
Figura 36.Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior en los meses de verano.....	61
Figura 37.Eschema funcionamiento aire acondicionado. ....	65
Figura 38.Diagrama P-H del ciclo del sistema. ....	66
Figura 39.Ventilación de sobrepresión.....	69
Figura 40.Ventilador exterior con filtro y pre-filtro. ....	69
Figura 41.Eschema explicativo renovación por plenum.....	73
Figura 42.Abreviaturas de los distintos tipos de aire Español/Ingles.....	75

Figura 43.Dibujo explicativo de los distintos tipos de aire. ....	76
Figura 44.RITE: Obtención filtro en función de IDA y ODA. ....	77
Figura 45.Conjunto evaporador y condensador. ....	80
Figura 46.Diferencia de altura máxima entre evaporador y condensador .....	80
Figura 47.Especificaciones del evaporador. ....	81
Figura 48.Medidas del evaporador PEA-RP400GA y PEA RP500GA. ....	81
Figura 49.Especificaciones del condensador.....	82
Figura 50.Medidas del condensador PUHZ-RP200YKA y PUHZ-RP250YKA. .	82
Figura 51.Especificaciones Kit PEZ-400YKA y PEZ-500YKA.....	83
Figura 52.Distribución oficinas por potencias del evaporador. Planta baja. ....	83
Figura 53.Características de caudales y potencias en función de la distribución. Planta baja. ....	84
Figura 54.Distribución oficinas por potencias del evaporador. Primera planta. ....	84
Figura 55.Características de caudales y potencias en función de la distribución. Primera planta. ....	84
Figura 56.Especificaciones ventilador aire exterior.....	85
Figura 57.Tipo de conducto y precio. ....	87
Figura 58.Conducto de chapa galvanizada. ....	87
Figura 59.Uniones entre conductos. ....	88
Figura 60.Colocación de conductos en falso techo. ....	88
Figura 61.Velocidad y tamaño de los conductos evaporadora 7200m3/h. ....	90
Figura 62.Velocidad y tamaño de los conductos evaporadora 9600m3/h. ....	91
Figura 63.Tipos de conductos. ....	92
Figura 64.Distribución conductos planta baja. ....	92
Figura 65.Materiales construcción sistema de conductos planta baja.....	93
Figura 66.Distribución conductos primera planta. ....	93
Figura 67.Materiales construcción sistema de conductos primera planta.....	93
Figura 68.Pérdida de carga y superficie tramos rectos .....	94
Figura 69.Pérdida de carga y superficie codos de 3 tramos. ....	94
Figura 70.Pérdida de carga y superficie reducciones.....	95
Figura 71.Pérdida de carga y superficie pantalón recto.....	95
Figura 72.Pérdida de carga y superficie bifurcación en T.....	95
Figura 73.Difusores rotacionales. ....	96
Figura 74.Rejilla de impulsión de simple deflexión. ....	97
Figura 75.Especificaciones rejillas de impulsión. ....	97
Figura 76.Caudales de aire planta baja. ....	98
Figura 77.Caudales de aire primera planta. ....	99
Figura 78.Compuerta de caudal.....	100
Figura 79.Cortocircuitos de renovación. ....	101
Figura 80.Distribución rejillas renovación Planta baja. ....	102
Figura 81.Distribución rejillas renovación Primera planta. ....	103
Figura 82.Rejilla intemperie. ....	104
Figura 83.Elección de aire acondicionado Split adecuado. ....	114
Figura 84.Especificaciones unidad interior y exterior. ....	115
Figura 85.Equipos de Split inverter y costes.....	115
Figura 86.Eschema simplificado conjunto Split inverter.....	116
Figura 87. Eschema sistema mixto independiente. Aire de ventilación impulsado directamente al local sin tratamiento térmico. ....	117
Figura 88.Ficha técnica equipo DI56 5300w.....	117
Figura 89. Equipos de cassettes mas conductos y costes. ....	118



Figura 90. Sistema mixto con ventilación conectada a unidades de conductos.	119
Figura 91. Explicación Tecnología Inverter vs Compresión mecánica simple..	120

## Lista de Tablas

Tabla 1.Superficie elementos de construcción del edificio. ....	20
Tabla 2.Medidas elementos de construcción del edificio. ....	20
Tabla 3.Medidas según la orientación de los elementos de construcción. ....	20
Tabla 4.Superficie de elementos de construcción en función a la orientación y la planta. ....	20
Tabla 5.Ocupación oficinas. ....	22
Tabla 6.Superficie de elementos de construcción en función de las oficinas y la orientación. ....	24
Tabla 7.Numero y superficie de las ventanas por oficina. ....	24
Tabla 8.Area superficial oficinas. ....	24
Tabla 9.Temperaturas por horas; temperatura de diseño. ....	27
Tabla 10.Conductancia muros. ....	38
Tabla 11.Conductancia ventanas. ....	39
Tabla 12.Conductancia techo entre plantas. ....	39
Tabla 13.Conductancia techo (azotea). ....	39
Tabla 14.Transmitancia térmica película externa e interna. ....	40
Tabla 15.Conductancia puerta de cristal. ....	40
Tabla 16.Cargas térmicas sensibles y latentes. ....	41
Tabla 17.Temperatura y humedad relativa de diseño. ....	41
Tabla 18.RITE: Conductividad térmica y espesores de los distintos materiales. ....	42
Tabla 19.Resistencia térmica total de cada material de construcción. ....	44
Tabla 20.Transmitancia térmica de los elementos de construcción. ....	44
Tabla 21.Tabla CLTD techos 36ºN y 48ºN. ....	46
Tabla 22.Tabla CLTD Techos 42ºN (interpolación). ....	46
Tabla 23.Low Mass, High R Factor Wall. ....	47
Tabla 24. Carga térmica potencia máxima y mínima. ....	49
Tabla 25.Calor latente y sensible medio. ....	52
Tabla 26.Potencia térmica debidas al calor latente y sensible del personal. ....	52
Tabla 27.Potencia iluminación por oficina. ....	53
Tabla 28.Calor equipo sensible por oficinas. ....	54
Tabla 29.Caudal mínimo del aire exterior en m <sup>3</sup> /h (6 renovaciones). ....	56
Tabla 30.Q caudal mínimo de aire exterior (m <sup>3</sup> /h) 4 y 8 renovaciones. ....	56
Tabla 31.Método indirecto de caudales de aire exterior por persona (m <sup>3</sup> /h por persona). ....	58
Tabla 32.Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> ). ....	59
Tabla 33.Metodo directo de concentración de CO <sub>2</sub> . ....	60
Tabla 34.Cambio unidades método directo de concentración de CO <sub>2</sub> ....	60
Tabla 35.Calor latente de renovación. ....	62
Tabla 36.Condiciones exteriores e interior. ....	62
Tabla 37.Calor sensible de renovación. ....	63
Tabla 38.Potencia total y coef. de simultaneidad. ....	64
Tabla 39.Propiedades físicas refrigerante R410A. ....	72
Tabla 40.Carga máxima simultanea por cada oficina. ....	79
Tabla 41.Aislamiento térmico de redes de conductos. ....	89
Tabla 42.Rejillas de renovación por oficina. ....	101

## Lista de Gráficas

Gráfica 1. Temperatura máxima seleccionada .....	27
Gráfica 2. Temperaturas máximas y mínimas de verano en Zaragoza. ....	28
Gráfica 3. AEMET: Datos temperatura seca en la estación de verano en Zaragoza. ....	33
Gráfica 4. Irradiación difusa y directa. ....	50
Gráfica 6. Comparativa presión/temperatura R22-R410A. ....	72
Gráfica 5. Curva inherente de flujo en la compuerta de aspas paralelas. ....	100

## Lista de Ecuaciones

Ecuación 1.Cálculo resistencia térmica. ....	38
Ecuación 2.Cálculo coeficiente global de transmisión.....	40
Ecuación 3.Resistencia térmica total.....	42
Ecuación 4.Cálculo resistencia térmica. ....	43
Ecuación 5.Cálculo resistencia térmica total.....	43
Ecuación 6.Transferencia de calor global.....	44
Ecuación 7.Cálculo transferencia de calor global del techo con película inferior y superior del techo. ....	44
Ecuación 8.Fórmula carga térmica exterior (Q).....	45
Ecuación 9.ASHRAE: Resistencia del techo en unidades inglesas. ....	45
Ecuación 10.Cálculo carga térmica (W).....	47
Ecuación 11.Cálculo del CLTD corregido.....	47
Ecuación 12.Caudal mínimo del aire exterior en m <sup>3</sup> /h .....	56
Ecuación 13.Cambio de dm <sup>3</sup> /s a m <sup>3</sup> /h. ....	57
Ecuación 14.Cálculo calor latente por renovación. ....	61
Ecuación 15.Cálculo calor sensible por renovación.....	62
Ecuación 16.Cálculo calor sensible por renovación (valores).....	62
Ecuación 17.Velocidad media del aire permitida en el interior. ....	77

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Resumen

El siguiente proyecto consiste en el diseño y cálculo de las instalaciones requeridas para la climatización de un edificio de oficina para verano, el sistema considerado consiste en equipos de aire acondicionado por compresión mecánica de vapor de refrigerante.

El edificio del proyecto que se quiere climatizar se encuentra situado en la Plataforma Logística de Zaragoza, España. El edificio tiene 2 plantas, la planta baja tiene una superficie de 2270.24m<sup>2</sup> dedicada oficinas y 139 m<sup>2</sup> de pasillos, la primera planta tiene 2369.28 m<sup>2</sup> y 133.07 m<sup>2</sup> de pasillos. Están divididas en dos alas cada una de ellas, con un hall principal en la planta baja con una superficie de 206.52 m<sup>2</sup>.

Están destinadas exclusivamente a oficinas. El edificio está totalmente aislado, por lo que tenemos que tener en cuenta todos los cerramientos (muros, ventanas, techos...etc.) exigiendo que se ajusten a lo exigido por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) de España, así mismo, se cubrirán todas las necesidades de confort y de eficiencias exigidas por las normas vigentes.

La estimación de cargas térmicas se realizó mediante el método de la diferencia de temperaturas medias corregidas (CLTD) y los datos requeridos se tomaron tanto del RITE como de la American Society of Refrigerating, Heating and Air Conditioning (ASHRAE). Este método nos permite unir diferentes formas de cálculo obteniendo valores muy favorables.

Se explicara de forma clara y concisa todos los elementos que conforman nuestra instalación y se detallara su ubicación en el proyecto y el porqué de su emplazamiento.

Seleccionaremos el equipo más apto para la instalación y haremos un análisis de los valores desarrollados con nuestro diseño incluyendo modificaciones para el correcto funcionamiento y su máxima eficiencia manteniendo siempre el bajo coste.

Se presentaran alternativas con otros sistemas en concreto. Se han proyectado las instalaciones de ventilación, de refrigeración comparando alcance y costes. También se ha realizado un estudio del impacto ambiental que genera la instalación.

### 1.2. Objetivo del proyecto

El objeto del presente proyecto es el diseño conceptual, cálculo y descripción de la instalación de climatización de un edificio de oficinas para verano, igualmente se realizara un estudio paramétrico normalizado de costos

de la instalación de aire acondicionado de compresión mecánica simple de vapor de pequeña y media capacidad en verano.

Se realizará también un estudio del refrigerante para su selección correcta así como las especificaciones de los componentes del ciclo.

Se observará y estudiara el impacto ambiental del proyecto y su magnitud.

### 1.3. Emplazamiento

El edificio objeto de este proyecto consiste en un edificio de 2 plantas destinado a oficinas en la ciudad de Zaragoza, España.

La planta de abajo tiene una superficie total de oficinas de 2369,28 metros cuadrados y la primera planta 2270,24 metros cuadrados.



Figura 1. Mapa de ubicación en la península.

El terreno en donde se ubicará el proyecto se encuentra en la Plataforma Logística de Zaragoza en el término municipal de Zaragoza, con una longitud 0,979983 y una latitud de 41,649878.



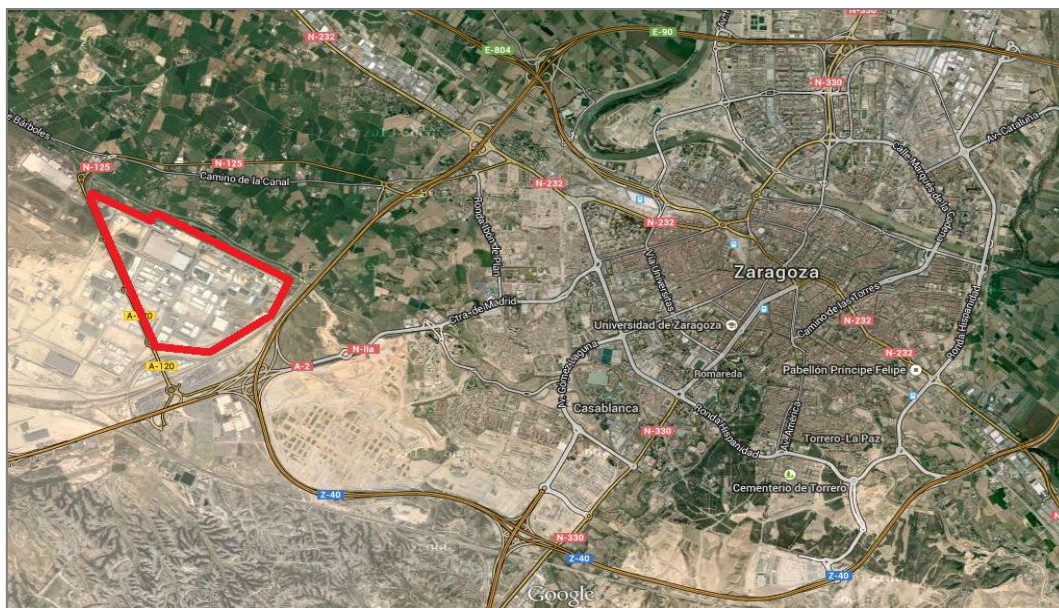


Figura 2. Mapa de ubicación en Zaragoza.

Se encuentra en un polígono industrial dedicado a la logística y con amplias avenidas de construcción nueva.

Las movilizaciones desde este polígono son muy interesantes por motivos de cercanía con la propia ciudad y la cercanía del aeropuerto de Zaragoza al igual con las grandes autovías hacen de este polígono un lugar con un fuerte transito comercial.



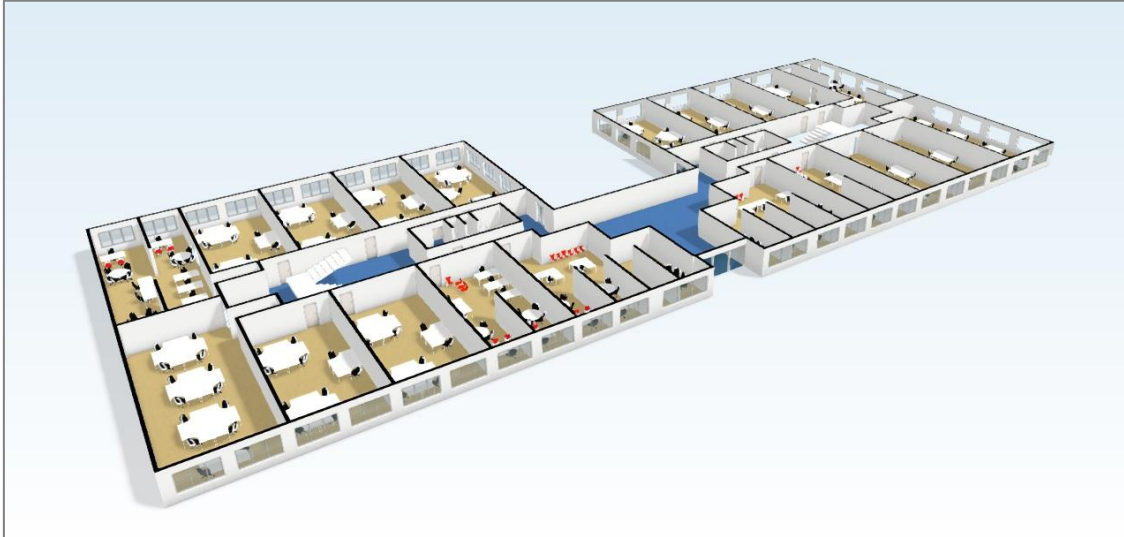
Figura 3. Mapa Carreteras principales de Zaragoza.

#### 1.4. Descripción del inmueble

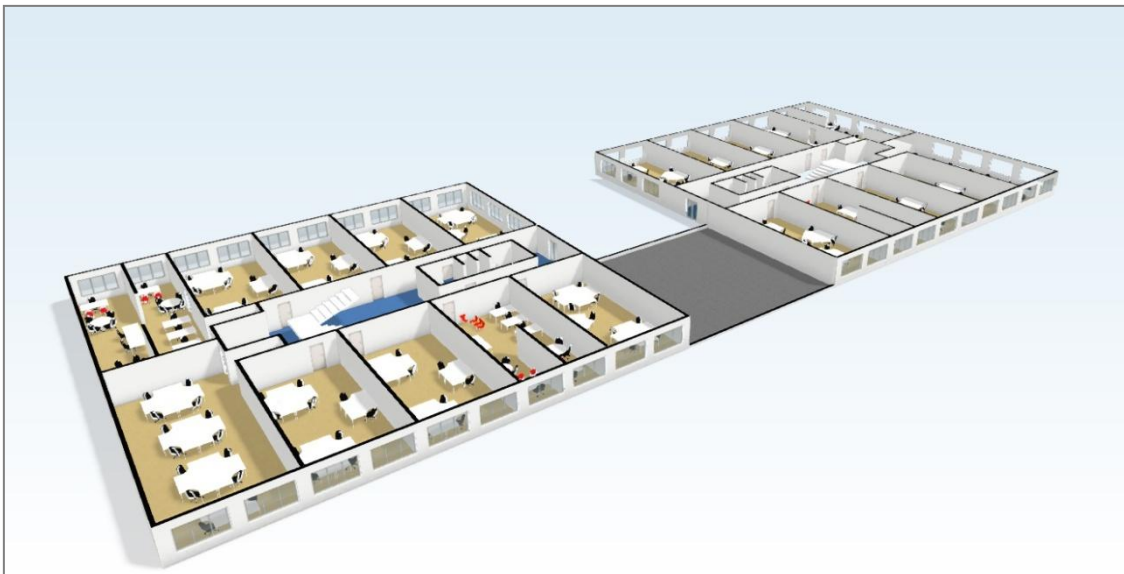
El proyecto lo realizaremos en un edificio de 2 plantas dividido en 2 alas simétricas, las cuales están divididas en oficinas de distintas áreas y

distribuciones. En la planta baja, las alas quedan unidas por un hall principal y en la planta primera cada ala es independiente y no se puede acceder de una a otra salvo por el tejado que quedara operativo para el personal de mantenimiento exclusivamente.

#### 1.4.1. Planos 3D Planta baja



#### 1.4.2. Planos 3D Primera planta.



La altura de las oficinas es de 2,4 metro y las medidas de los muros quedan definidas en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

El cálculo de la orientación del emplazamiento es fundamental a la hora de calcular las cargas térmicas tanto en radiación como en convección y conducción, esto es debido al tiempo que pasan expuestas las fachadas huecos (ventanas) y techos (en menor medida) al sol.



Para calcular la orientación exacta del edificio nos apoyaremos en mapas de la ciudad y los compararemos con la orientación en grados fijada por el RITE.

La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.

Se distinguen 8 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 4.

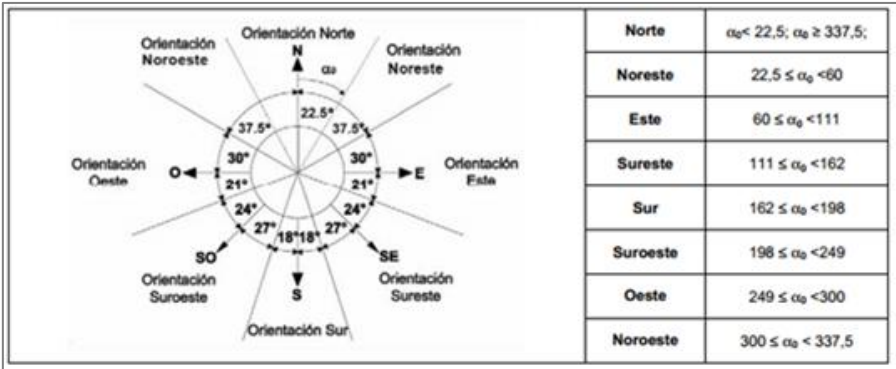


Figura 4.RITE: Orientación de las fachadas.

Comparando la ubicación de nuestro edificio con la figura anterior podemos obtener la orientación exacta de cada una de nuestras fachadas y el coeficiente por el cual deberemos de operar en el cálculo de cargas térmicas a través de muros y ventanas para aproximar más nuestro cálculo de las instalaciones.

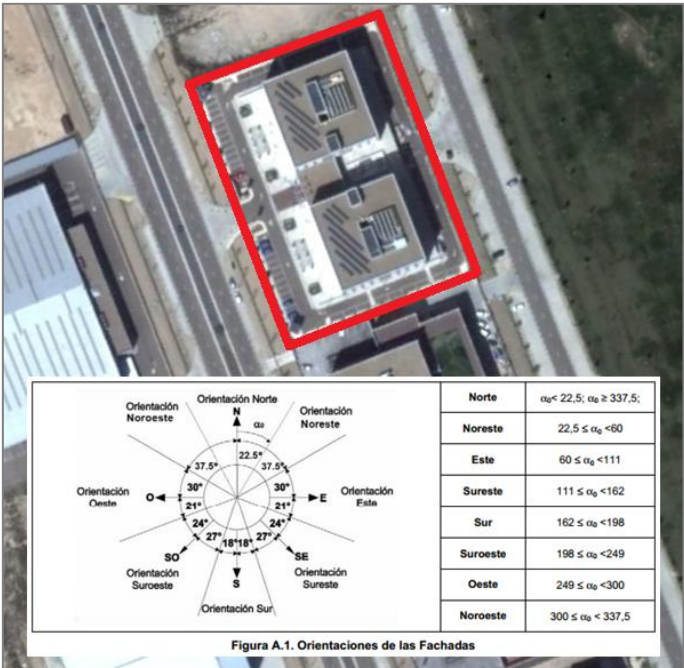


Figura 5.Orientación edificio a proyectar sistema de climatización.

Comparando las imágenes comprobamos que la orientación de las fachadas es Norte-Este-Sur-Oeste.

## 2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para el cálculo de la instalación se ha partido de los planos de arquitectura del edificio y de las hipótesis de cálculo y condiciones de servicio que a continuación se detallan:

### 2.1. Edificio

A continuación se detallan las medidas y superficies de muros, ventanas y puertas que posteriormente se usaran para calcular las cargas térmicas. También se diferencia la orientación de cada muro en el edificio.

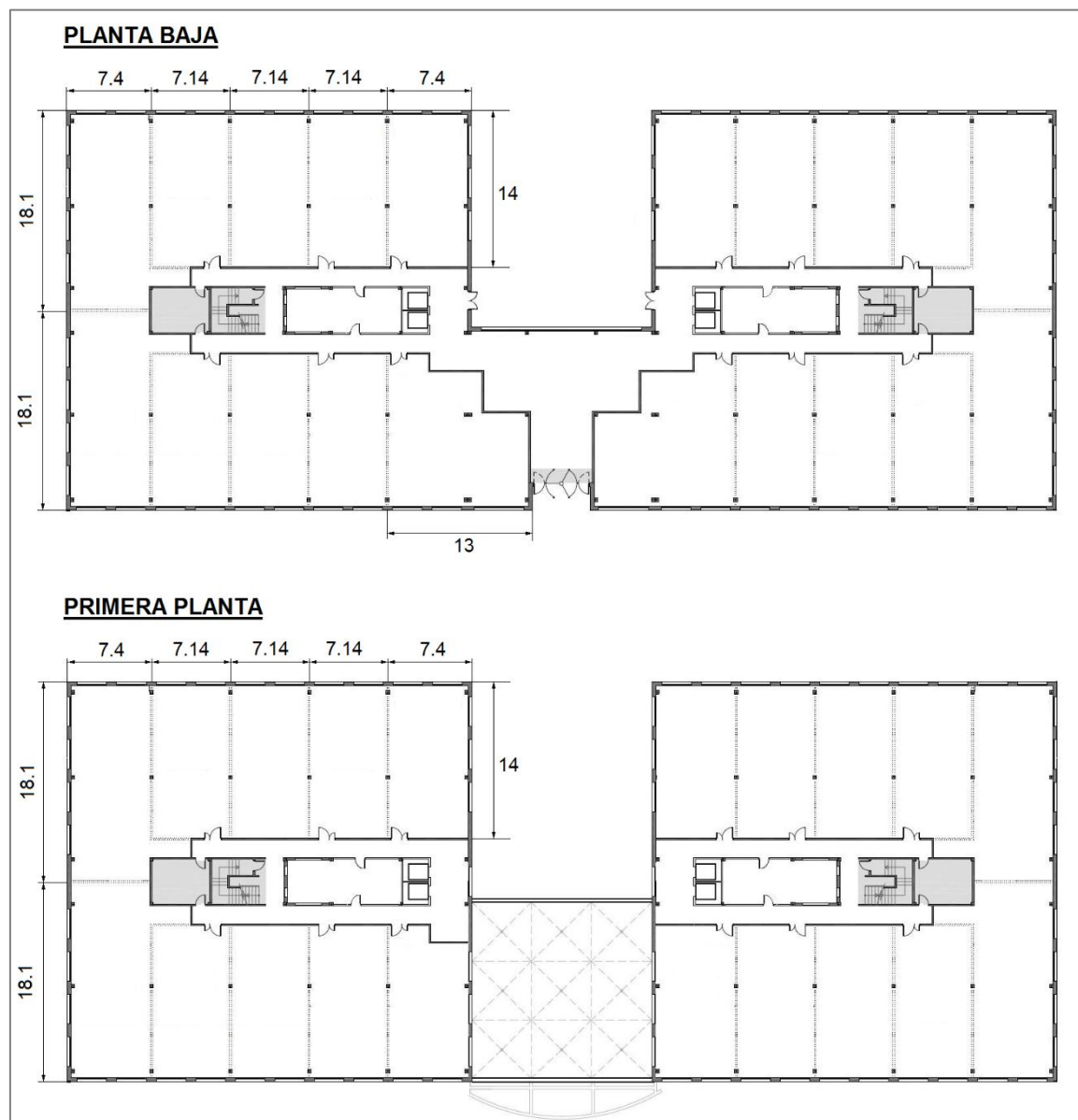


Figura 6.Plano acotado del edificio.

SUPERFICIE	Superficie(m2)
Ventanas planta baja	286,72
Ventanas primera planta	304,64
Ventanas total	591,36
Muros planta baja	692,64
Muros primera planta	700,032
Muro total	1392,672
Puerta Cristal	12,72
Techo	2658,6632
TOTAL	4655,4152

Tabla 1.Superficie elementos de construcción del edificio.

TAMAÑOS	Largo(m)	Alto(m)	Número (Uds.)
Puerta Cristal	5,3	2,4	1
Ventanas planta baja	2,8	1,6	64
Ventanas primera planta	2,8	1,6	68
Muro planta baja	288,6	2,4	-
Muro primera planta	291,68	2,4	-

Tabla 2.Medidas elementos de construcción del edificio.

MEDIDAS ORIENTACIÓN	Norte	Este	Sur	Oeste
Muro(planta baja Largo(m))	56,57	90,38	56,57	85,08
Muro(primer planta Largo(m))	72,92	72,92	72,92	72,92
Ventanas (planta baja Uds.)	11	20	11	22
Ventanas (primera planta Uds.)	14	20	14	20

Tabla 3.Medidas según la orientación de los elementos de construcción.

SUPERFICIE ZONA (P1) Orientación	Superficie Muro (m2)	Superficie Huecos (m2)	Superficie Total (m2)
Norte	86,488	49,28	135,768
Este	127,312	89,6	216,912
Sur	86,488	49,28	135,768
Oeste	105,632	98,56	204,192
SUPERFICIE ZONA (P2) Orientación	Superficie Muro (m2)	Superficie Huecos (m2)	Superficie Total (m2)
Norte	112,288	62,72	175,008
Este	85,408	89,6	175,008
sur	112,288	62,72	175,008
Oeste	85,408	89,6	175,008

Tabla 4.Superficie de elementos de construcción en función a la orientación y la planta.

Las distintas plantas están claramente diferenciadas por oficinas, pasillos y un hall principal que divide la planta la planta 1. En la primera planta tenemos 20 oficinas de áreas y orientaciones diversas, en la segunda planta tenemos otras 20 oficinas de similares medidas exceptuando el número 34 y 35. En los siguientes planos se pueden observar el área de cada una de ellas:

2.1.1. Planta baja

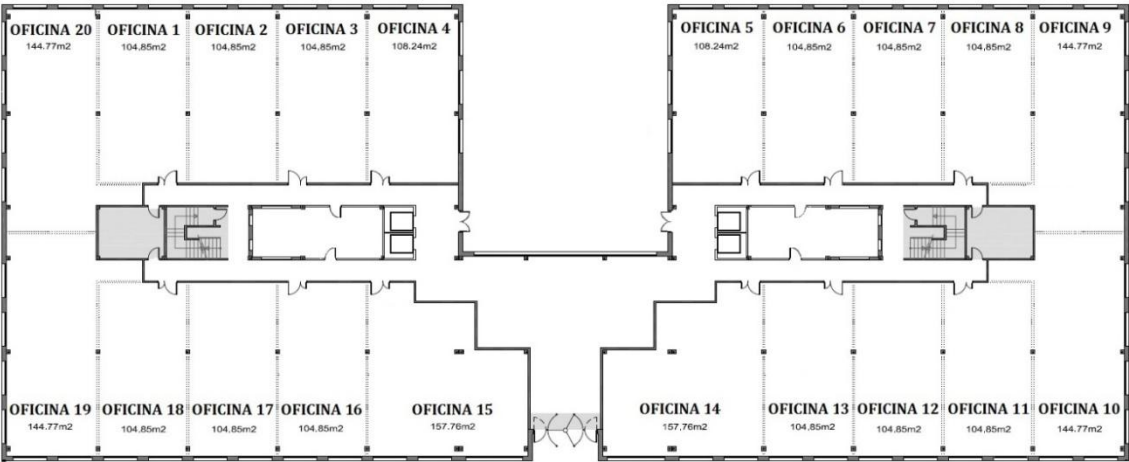


Figura 7.Plano distribución oficinas planta baja.

2.1.2. Primera planta

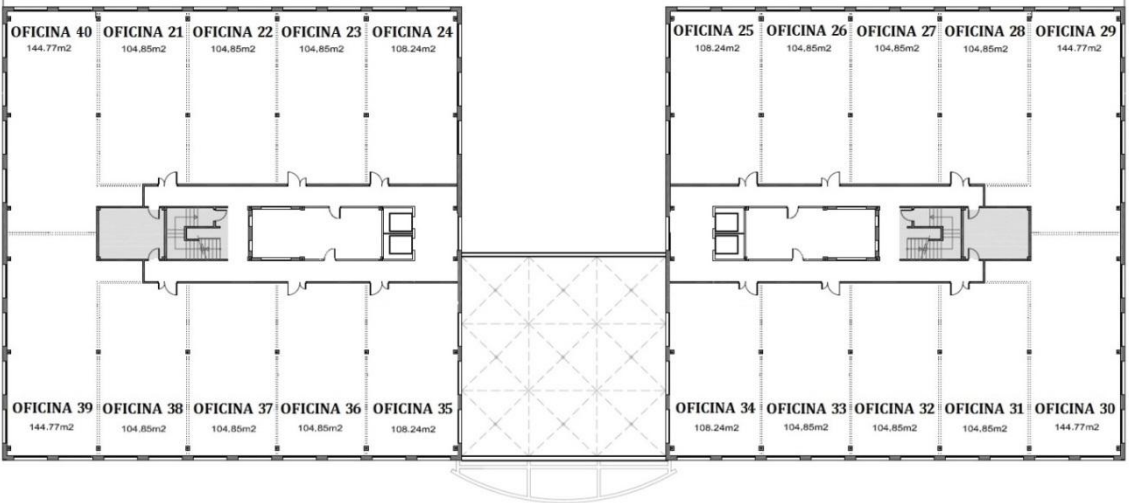


Figura 8.Plano distribución oficinas primera planta.

2.2. Ocupación

Como podemos observar en las siguientes tablas, está definida la ocupación por planta y oficina.

Oficina	Ocupación (personas)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	10	2,4	104,85
4-5; 24-25	12	2,4	108,24
9-20; 29-40	23	2,4	144,77
10-19; 30-39	14	2,4	144,77
13-16; 33-36	19	2,4	104,85
14-15	28	2,4	157,76
34-35	11	2,4	108,24
<b>TOTAL (personas)</b>	<b>564</b>	<b>Área Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>5118,2</b>

Tabla 5.Ocupación oficinas.

La ocupación está basada en Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio .Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal de obligado cumplimiento. Para el uso administrativo se considera una superficie de 10 metros cuadrados por persona, en pasillos, vestíbulos y zonas de uso tenemos 2 metros cuadrados por cada persona. En aquellos recintos o zonas no incluidos en la tabla se deben aplicar los valores correspondientes a los que sean más asimilables.

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m <sup>2</sup> /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, aseos de planta, etc.	Ocupación nula
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	1
Aparcamiento <sup>(2)</sup>	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2
Docente	Conjunto de la planta o del edificio	10
	Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc.	5
	Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
	Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	2
Hospitalario	Salas de espera	2
	Zonas de hospitalización	15
	Servicios ambulatorios y de diagnóstico	10
	Zonas destinadas a tratamiento a pacientes internados	20
Comercial	En establecimientos comerciales:	
	áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores	3
	En zonas comunes de centros comerciales:	
	mercados y galerías de alimentación	2
	plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior	3
	Plantas diferentes de las anteriores	5
Pública concurcencia	Zonas destinadas a espectadores sentados:	
	con asientos definidos en el proyecto	1pers/asiento
	sin asientos definidos en el proyecto	0,5
	Zonas de espectadores de pie	0,25
	Zonas de público en discotecas	0,5

Figura 9.RITE: Densidades de ocupación en función del uso previsto.

Para la simplificación de cálculos podemos juntar las oficinas en función del área y la orientación que tenga cada una de ellas al igual que el número de huecos (ventanas).

	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Oficinas	Muro (m <sup>2</sup> )	Muro (m <sup>2</sup> )	Muro (m <sup>2</sup> )	Muro (m <sup>2</sup> )
1,2,3,6,7,8,21,22,23,26,27,28	0	17,136	0	0
11,12,13,16,17,18,31,32,33,36,37,38	0	0	0	17,136
4,24	0	17,748	33,6	0
5,25	33,6	17,748	0	0
9,29	0	17,748	43,44	0
10,3	0	0	43,44	17,748
14,15	0	0	0	31,2
19,39	43,44	0	0	17,748
20,4	43,44	17,748	0	0
34	33,6	0	0	17,748
35	0	0	33,6	17,748

Tabla 6.Superficie de elementos de construcción en función de las oficinas y la orientación.

Oficinas	Ventanas Superficie (m <sup>2</sup> )	Unidades
1,2,3,6,7,8,21,22,23,26,27,28	4823,1	2
11,12,13,16,17,18,31,32,33,36,37,38	4823,1	2
4,24,5,25,34,35	12057,75	5
9,29,10,30,19,39,20,40	14469,3	6
14,15	7234,65	3

Tabla 7.Numero y superficie de las ventanas por oficina.

Oficinas	Área (m <sup>2</sup> )
1,2,3,6,7,8,21,22,23,26,27,28	104,85
11,12,13,16,17,18,31,32,33,36,37,38	104,85
4,24,5,25,34,35	108,24
9,29,10,30,19,39,19,39,20,40	144,77
14,15	157,76

Tabla 8.Area superficial oficinas.

## 2.3. Condiciones exteriores

Para las condiciones exteriores del emplazamiento del edificio se han considerado las reflejadas en la guía técnica sobre condiciones climáticas en exteriores (AEMET). No aparece en dicho documento el emplazamiento en concreto del edificio proyectado por eso se ha elegido por cercanía y similitud de zona climática el cual corresponde al aeropuerto de Zaragoza que está a menos de 1Km de la zona de cálculo.



Provincia		Estación				Indicativo	
Zaragoza		Zaragoza (Aeropuerto)				9434	
UBICACIÓN: AEROPUERTO				Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
247	41º39'43"	01º00'29" W	87.600 (1998-2007)	(2) 18.980 (1998-2007)	13.140 (1998-2006)		
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-9,5	-3,0	-1,1	9,3	89	39,2		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
42,3	36,2	21,8	34,5	21,7	32,8	21,5	17,1
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
23,3	33,7	22,5	33,4	21,8	32,7		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	6,3	7,9	271	425	0	1,7	6,9
Febrero	7,8	9,7	206	345	0	2,9	8,9
Marzo	11,4	13,6	134	270	3	4,2	13,7
Abril	13,8	16,0	82	197	11	5,5	18,0
Mayo	18,2	20,1	27	104	47	6,7	23,1
Junio	23,2	25,4	3	29	124	7,2	29,6
Julio	24,6	26,5	0	14	156	7,5	31,1
Agosto	24,5	26,6	0	12	151	6,9	30,2
Septiembre	20,7	22,9	5	47	67	4,7	25,3
Octubre	16,3	18,5	36	133	17	3,2	18,9
Noviembre	9,9	12,0	158	302	0	2,0	11,5
Diciembre	6,3	8,1	270	424	0	1,6	7,2

Rosa de los vientos: velocidad media 4.57 m/s

Figura 10.Datos climatológicos del Aeropuerto de Zaragoza.

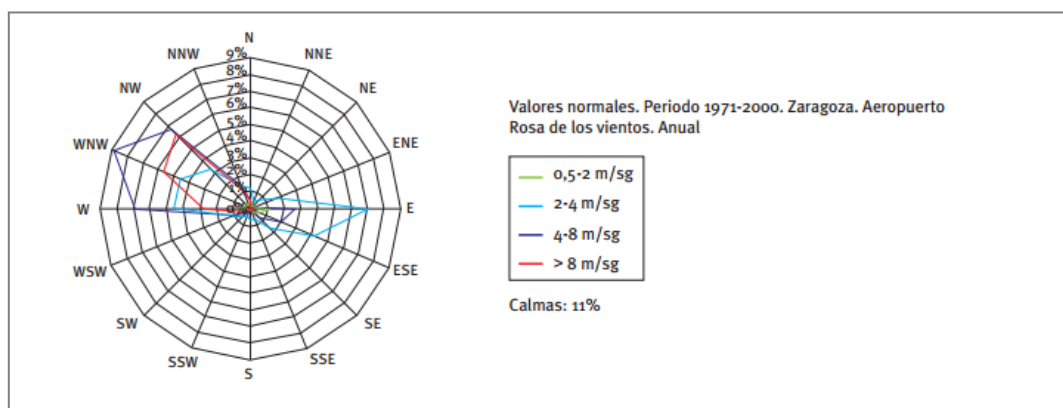


Figura 11.AEMET: Datos climatológicos del Aeropuerto de Zaragoza.

La elección de las condiciones exteriores de temperatura seca que son necesarias para el cálculo de la demanda térmica máxima instantánea y, en

consecuencia, para el dimensionado de equipos y aparatos, se ha hecho en base al criterio de niveles percentiles.

Para afinar los datos y encontrar un valor de temperatura exterior “media” más exacto, teniendo en cuenta la humedad relativa, hemos recurrido a los datos anuales de AEMT (Agencia Estatal Meteorológica) donde aparece la tabla con todos los datos meteorológicos por hora durante todo el año. En nuestro caso solo necesitaremos los valores de verano (desde el 21 de Junio a las 18:00 hasta el 23 de Septiembre a las 23:00) en horario de 9:00 a 21:00 para encontrar el valor citado. En total nos basamos en una base de datos con 2262 temperaturas tomadas cada hora en el año 2014.

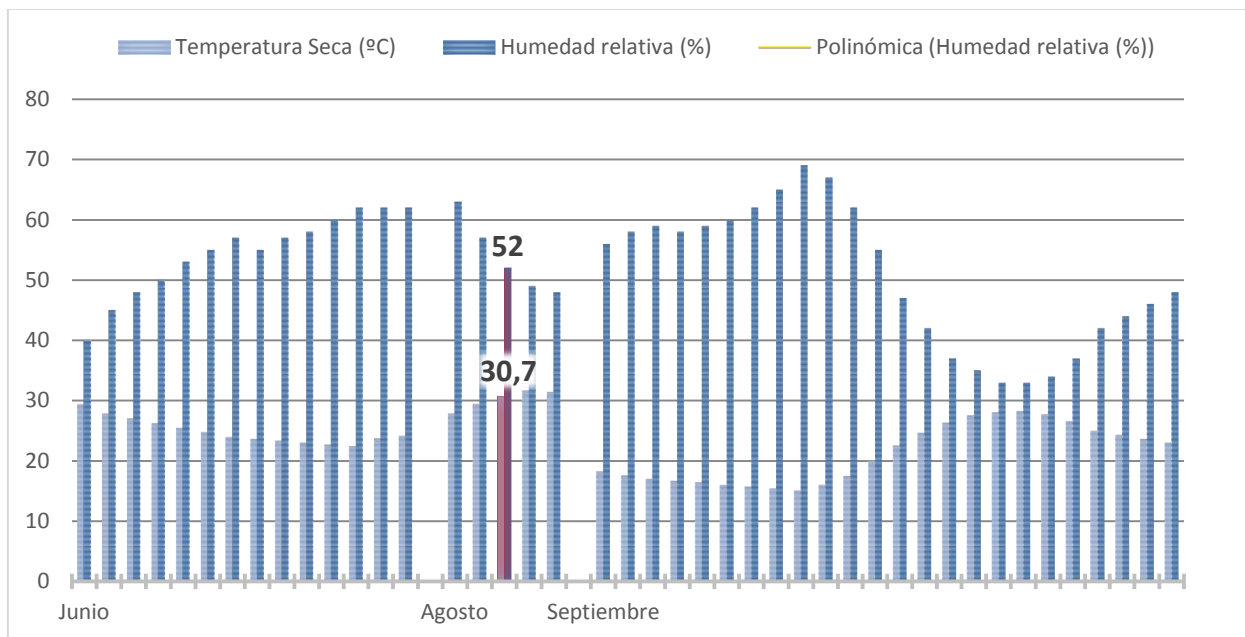
MES	DIA	HORA	Temperatura Seca (°C)	Humedad relativa (%)
Junio	21	18	29,3	40
		19	27,8	45
		20	27	48
		21	26,2	50
	22	9	23,6	55
		10	23,3	57
		11	23	58
		12	22,7	60
		13	22,4	62
		14	23,7	62
		15	24,1	62
Agosto	19	9	29,4	57
		10	30,7	52
		11	31,6	49
		12	31,4	48
Septiembre	22	22	18,2	56
		23	17,6	58
		24	17	59
	23	9	19,9	55
		10	22,5	47
		11	24,6	42
		12	26,3	37
		13	27,5	35
		14	28	33
		15	28,2	33
		16	27,7	34
17		26,5	37	

Climatización de un edificio de oficinas con aire acondicionado de compresión de vapor de pequeña y media capacidad en verano.

	18	24,9	42
	19	24,3	44
	20	23,6	46
	21	23	48

Tabla 9. Temperaturas por horas; temperatura de diseño.

Escogeremos la temperatura más alta con la mayor humedad relativa y esa será nuestras condiciones de diseño.

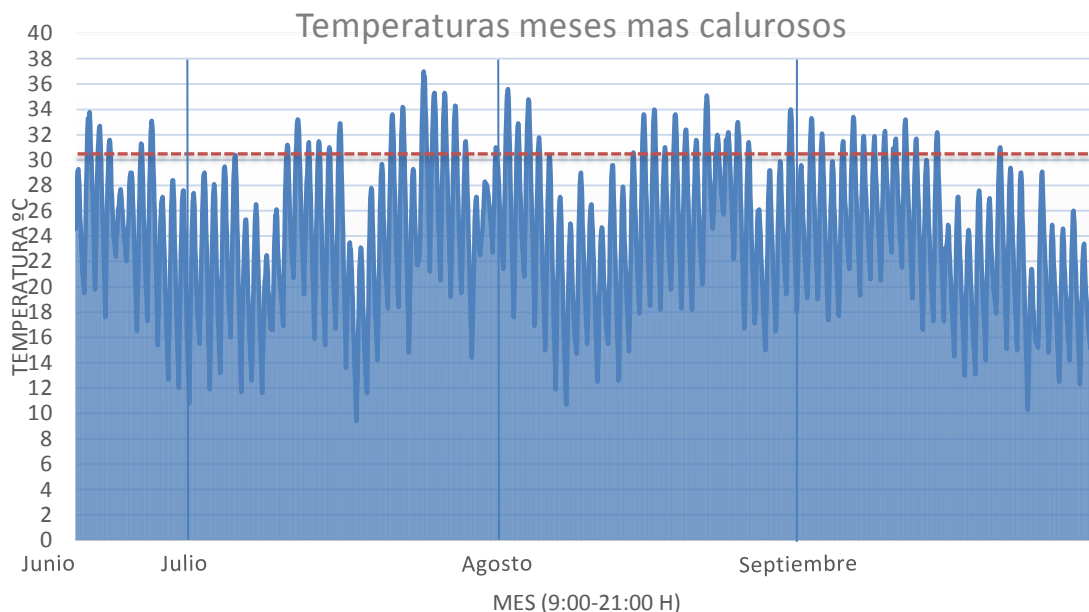


Gráfica 1. Temperatura máxima seleccionada

Tomaremos, por lo tanto, según el estudio de temperaturas llevado a cabo, las siguientes condiciones exteriores:

	Temperatura (°C)	Humedad relativa
<b>CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO</b>	<b>30,7</b>	<b>52%</b>

Figura 12. Condiciones exteriores de diseño.



**Gráfica 2. Temperaturas máximas y mínimas de verano en Zaragoza.**

En la tabla anterior podemos observar que la temperatura calculada en nuestro estudio (30,7°C) no cubren las necesidades en días en la que la temperatura es extrema, esta metodología se usa para ahorrar dinero en la presupuestación de la instalación sin sacrificar las necesidades del personal y dentro de los parámetros de bien estar. Compararemos ambos casos en otro apartado donde veremos el cálculo de la potencia total con la temperatura exterior seleccionada (30,7°C) y la temperatura máxima anual en el año anterior (37°C el 21 de Julio a las 15h).

## 2.4. Condiciones interiores

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse de forma que se cumplan las exigencias técnicas de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad que establece en el reglamento de Instalaciones térmicas (RITE) según RD 1027/2007.

### 2.4.1. Bienestar

Las instalaciones térmicas deben cumplir con una calidad térmica del ambiente y una calidad del aire interior sea aceptables para los usuarios del edificio y cumplan con los siguientes requisitos:

#### 2.4.2. Calidad térmica del ambiente

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico dentro del RD 1027/2007 se mantienen dentro de los valores establecidos. Las instalaciones térmicas se han diseñado para satisfacer las siguientes condiciones:

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Figura 13.RITE: Temperaturas y humedades relativas de diseño.

Para los cálculos se considera como condiciones de diseño interior 24 °C de temperatura de bulbo seco y una humedad relativa de 50%.

	Temperatura (°C)	Humedad relativa
CONDICIONES INTERIORES	24	50%

Figura 14.Condiciones interiores de diseño.

#### 2.4.3. Calidad del aire interior

Las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad el aire interior aceptable, aportando suficiente aire exterior garantizando la extracción y expulsión del aire viciado. El aire exterior de ventilación se introduce al edificio debidamente filtrado. Los niveles de ventilación se han calculado aplicando el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios ITE 1.1.4.2 y la norma UNE 13779, con un total de 12283,68 m<sup>3</sup> de aire.

#### 2.4.4. Seguridad

Las instalaciones térmicas deben diseñarse, calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades. Los generadores de frío que se han utilizado en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

#### 2.4.5. Calidad del ambiente acústico

La instalación térmica deberá cumplir con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

Los niveles acústicos tanto en el interior como en el exterior deberán cumplir con lo exigido en el Documento Básico HR, en la Ordenanza Municipal de Protección Medioambiental o el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico, para un edificio de oficinas como el de proyecto los valores admisibles de niveles sonoros para el ambiente interior serán:

– Zona administrativa y de oficinas: 45 dBA

Uso del edificio	Tipo de recinto	Valor de $L_{eqA,T}$ (dBA)
Sanitario	Estancias	35
	Dormitorios y quirófanos	30
	Zonas comunes	40
Residencial	Dormitorios y estancias	30
	Zonas comunes y servicios	50
Administrativo	Despachos profesionales	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Sala lectura y conferencias	35
	Zonas comunes	50
Cultural	Cines y teatros	30
	Salas de exposiciones	45
Comercial		50

Figura 15.RITE: Valores del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado.

- Espacios comunes (vestíbulos, pasillos etc.): 50 dBA
- Espacios de servicio (aseos, cocinas etc.): 55 dBA

Asimismo los condicionantes sonoros para el ambiente exterior serán:

- Zona de actividades comerciales: 65 dBA de día y 55 dBA de noche.

No se permitirán vibraciones que rebasen lo establecido por el Documento Básico HR, originadas por los equipos de la instalación, instalando dispositivos anti vibratorios donde sea necesario para que se cumpla lo exigido.

### 3. PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

#### 3.1. Zona climática

Según el documento HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación y sabiendo la capital de provincia (Zaragoza) y su altitud respecto al nivel del mar ( $h=240$  metros) la zona climática. Las tablas B.1 y B.2 permiten obtener la zona climática (Z.C.) de una localidad en nuestro caso corresponde a la zona climática D3. Para cada provincia, se tomará el clima correspondiente a la condición con la menor cota de comparación.

Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Alicante	D3	677										$h < 450$			$h < 950$			$h \geq 950$
Alicante/Alicant	B4	7					$h < 250$					$h < 700$			$h \geq 700$			
Almería	A4	0	$h < 100$				$h < 250$	$h < 400$				$h < 800$			$h \geq 800$			
Ávila	E1	1054														$h < 550$	$h < 850$	$h \geq 850$
Badajoz	C4	168									$h < 400$	$h < 450$			$h \geq 450$			
Barcelona	C2	1										$h < 250$			$h < 450$	$h < 750$	$h \geq 750$	
Bilbao/Bilbo	C1	214											$h < 250$			$h < 250$		
Burgos	B1	841															$h < 600$	$h \geq 600$
Cáceres	C4	185									$h < 600$				$h < 1050$			$h \geq 1050$
Cádiz	A3	0		$h < 150$				$h < 450$				$h < 600$	$h < 850$			$h \geq 850$		
Castellón/Castelló	B3	18						$h < 50$				$h < 500$			$h < 600$	$h < 1000$		$h \geq 1000$
Ceuta	B1	0						$h < 50$										
Ciudad Real	D3	630									$h < 450$	$h < 500$			$h \geq 500$			
Córdoba	B4	113					$h < 150$					$h < 550$			$h \geq 550$			
Cádiz, La/A Cádiz	C1	0												$h < 200$			$h \geq 200$	
Cuenca	D2	975													$h < 800$	$h < 1050$		$h \geq 1050$
Girona/Girona	D2	143											$h < 200$			$h < 600$		$h \geq 600$
Granada	C3	754	$h < 50$				$h < 350$				$h < 600$	$h < 800$			$h < 1350$			$h \geq 1350$
Guadalajara	D3	708													$h < 950$	$h < 1000$		$h \geq 1000$
Huelva	A4	50	$h < 50$				$h < 150$	$h < 350$				$h < 800$			$h \geq 800$			
Huesca	D2	432										$h < 200$			$h < 400$	$h < 700$		$h \geq 700$
Ibiza	C4	436					$h < 350$				$h < 750$				$h < 1250$			$h \geq 1250$
Jódar	E1	246																$h < 1250$
Lérida/Lérida	D3	131									$h < 100$				$h < 600$			$h \geq 600$
Lugo	D2	379											$h < 200$		$h < 700$			$h \geq 700$
Lugo	D1	412														$h < 500$		$h \geq 500$
Madrid	D3	589										$h < 500$			$h < 950$	$h < 1000$		$h \geq 1000$
Malaga	A3	0						$h < 300$				$h < 700$			$h \geq 700$			
Melilla	A3	130																
Murcia	B1	25						$h < 100$				$h < 550$			$h \geq 550$			
Orense/Ourense	D2	377										$h < 150$	$h < 300$		$h < 800$			$h \geq 800$
Quiedo	D1	214												$h < 50$		$h < 550$		$h \geq 550$
Palencia	D1	722															$h < 800$	$h \geq 800$
Palma de Mallorca	B3	1						$h < 250$				$h \geq 250$						
Pamplona/Pamplona	D1	456											$h < 200$		$h < 300$	$h < 600$		$h \geq 600$
Porto/Puerto	C1	77												$h < 250$		$h \geq 250$		
Salamanca	D2	770														$h < 800$		$h \geq 800$
San Sebastián/Donostia	D1	5															$h < 400$	$h \geq 400$
Santander	C1	1												$h < 250$		$h < 650$		$h \geq 650$
Segovia	D2	1013														$h < 1000$		$h \geq 1000$
Sevilla	B4	9					$h < 200$				$h \geq 200$							
Soria	E1	984														$h < 750$	$h < 800$	$h \geq 800$
Tarragona	B3	1					$h < 50$					$h < 500$			$h \geq 500$			
Tarazona	D2	995										$h < 450$	$h < 500$		$h < 1000$			$h \geq 1000$
Tordesillas	C4	445									$h < 500$				$h \geq 500$			
Valencia/Valencia	B3	8					$h < 50$					$h < 500$			$h < 950$			$h \geq 950$
Valledor	D2	704													$h < 800$			$h \geq 800$
Vitoria/Gasteiz	D1	512															$h < 500$	$h \geq 500$
Zamora	A3	433																
Zaragoza	D3	207										$h < 200$			$h < 650$			$h \geq 650$

Figura 16.RITE: Zonas climáticas de la Península Ibérica.

Debido a que la altura del emplazamiento que es ligeramente superior a 200 metros, estaremos en la zona climática D3.

En el Anejo E del RITE podemos sacar también el valor característico de la temperatura máxima del aire, dependiendo del clima del lugar y de la altitud, latitud y longitud que en nuestro caso son:

Longitud: -0,979983

Latitud: 41,649878



Altitud: 247m

Si no tuviéramos datos empíricos más precisos, se puede tomar, independientemente de la altitud, igual al límite superior del intervalo reflejado en la siguiente figura:

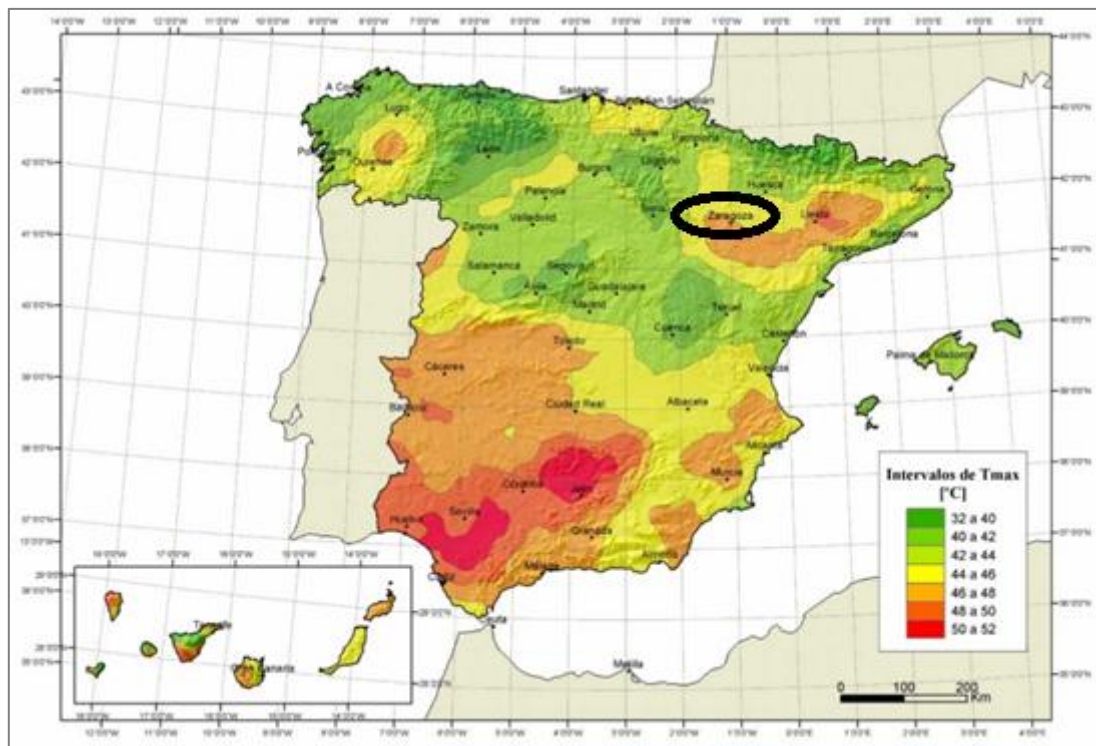
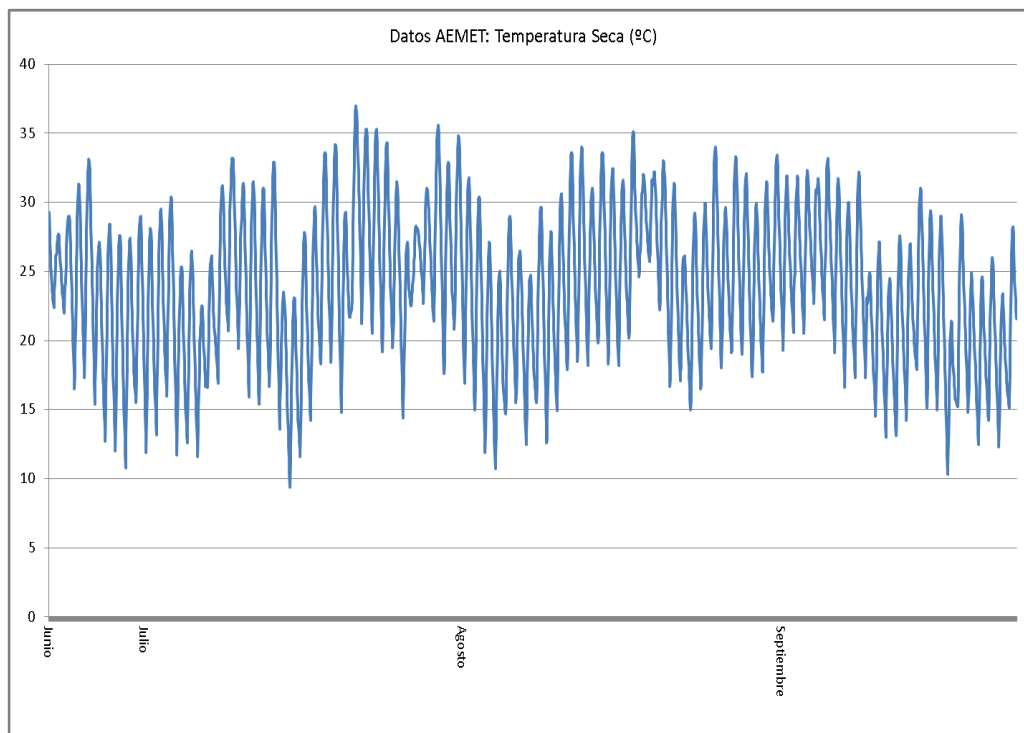


Figura 17.RITE: Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (Tmax en °C).

Esta información la sacaremos del RITE para el cálculo de la zona exterior de estudio para el posterior cálculo de las cargas térmicas.

Según los datos obtenidos de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) del año 2014 podemos aproximar nuestro estudio con los datos del ejercicio del año pasado en horario de verano que se muestra a continuación:





Gráfica 3. AEMET: Datos temperatura seca en la estación de verano en Zaragoza.

### 3.2. Renovación de aire

Está basado en el Real decreto 1027/2007 de 20 julio. Con las renovaciones de aire se pretende establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios.

Los sistemas de ventilación constan de un sistema de aire de impulsión y de aire extraídos normalmente están equipados con filtros para el aire exterior.



Figura 18. Renovación de aire; confort y salubridad.

Es necesario renovar el aire de las oficinas para evitar que la humedad y las sustancias nocivas se acumulen en el interior de las viviendas, con el fin de mantener el nivel de salubridad y de confort olfativo de sus ocupantes.

Una persona exhala alrededor de 10 litros de líquido al día y 19 litros de CO<sub>2</sub> por hora por la respiración. Además, el aire se contamina por olores de las distintas zonas del edificio (baño, cafetería, zona de paso...).

Una oficina sin una adecuada ventilación, todas estas sustancias permanecen y se acumulan en su interior a lo largo del tiempo, causando la proliferación de bacterias, moho y ácaros de polvo y provocando problemas de salud, como irritación de nariz, garganta y ojos, tos, dolor de cabeza, mucosidad, cansancio o rinitis crónica.

Además, la acumulación de CO<sub>2</sub> por encima de 1200 ppm produce fallos en la salud severos a corto plazo lo que produce un mal estar en la vida laboral.

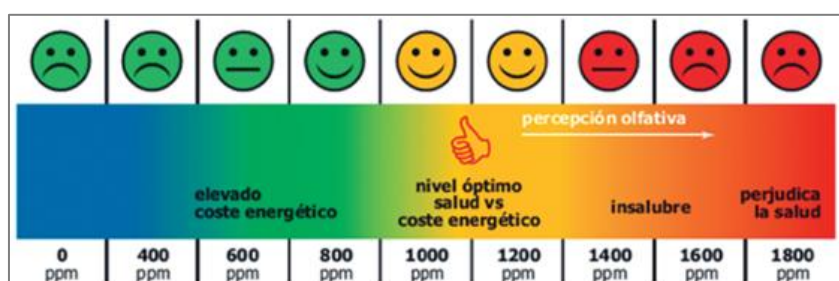


Figura 19. Salud VS Coste energético ventilación.

En principio el retorno de aire a la unidad interior se puede hacer o bien conducido, desde una o varias rejillas situadas en el interior del local separadas de las de impulsión, con conducto de fibra de vidrio hasta el retorno de la unidad interior, o se puede hacer a plenum, mediante una o varias rejillas colocadas en el techo del local, el retorno de aire se realiza directamente del falso techo y por la rejilla/as, sin ningún tipo de conducción.

### 3.3. Materiales de construcción

En este apartado se definen los materiales con lo que están contruidos los muros, ventanas y techo con sus respectivos espesores.

#### 3.3.1. Muros

Los muros que delimitan el interior de las oficinas con el exterior están sacados del CTE hechos de los siguientes materiales con sus respectivos espesores:

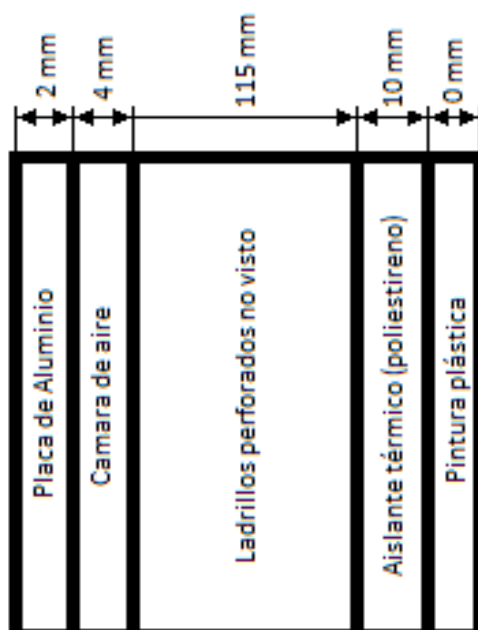


Figura 20. Espesores materiales de los muros.

El espesor de la pintura está indicado como 0 milímetros porque se considera despreciable.

### 3.3.2. Ventanas

El vidrio aislante consta de dos lunas paralelas (los cristales dobles reducen casi en un 25% la pérdida de calor), separadas por una cámara de aire deshidratado que le confieren unas mejores propiedades de aislamiento térmico.

Entre las lunas hay un perfil de aluminio en cuyo interior se encuentra el deshidratante. El conjunto permanece estanco, ya que las dos láminas de vidrio están unidas a perfil de aluminio, mediante bulitos que actúan como primera barrera de estanqueidad.

La segunda barrera se consigue con el sellado a base de siliconas que se aplicarán automáticamente. Se fabrica con cámara de aire de 10mm.

El vidrio laminado de seguridad física puede estar formado por dos vidrios de 4mm.

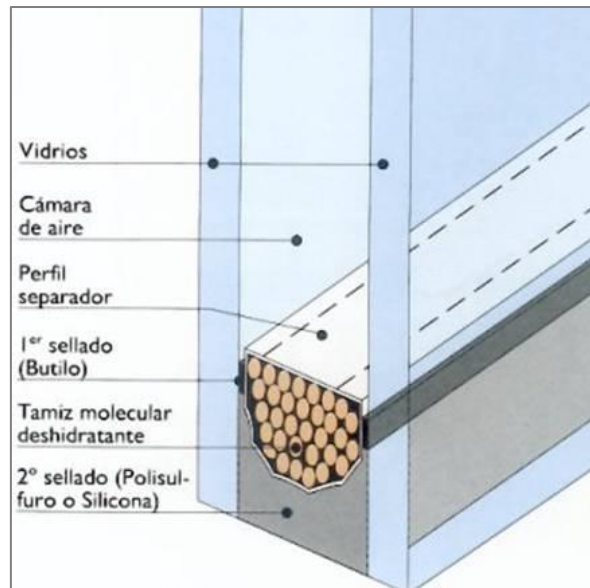


Figura 21. Materiales de construcción de las ventanas.

Esto genera casi el doble de aislamiento que un cristal simple. Una vez sellado, el material se vuelve hermético.

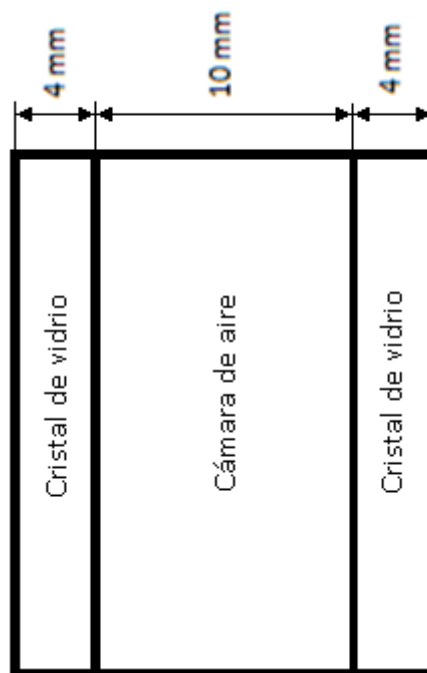


Figura 22. Espesores materiales de las ventanas.

En la siguiente imagen podemos observar como varía el coeficiente global de transferencia en función del espesor de la cámara de aire de una ventana con doble acristalamiento:

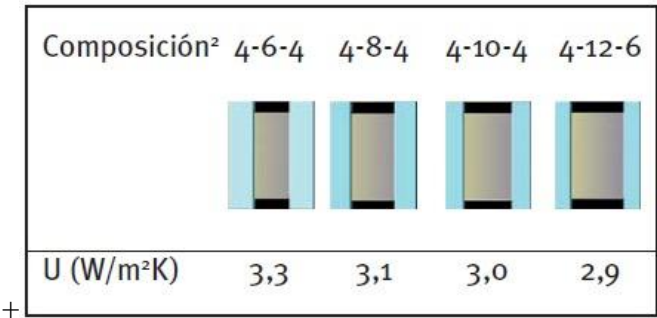


Figura 23.Variación de los coeficientes globales de transferencia en función de los espesores.

3.3.3. Techo (entre plantas)

El material de construcción del techo entre plantas es hormigón y escayola con un falso techo entre medias y unos espesores que se citan a continuación:

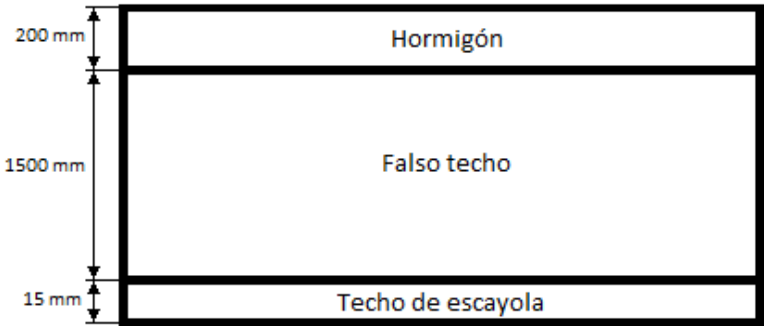


Figura 24.Espesores materiales del techo entre plantas.

Se despreciara el espesor de la pintura plástica por ser insignificante en función del resto de espesores.

3.3.4. Techo (azotea)

El techo de la edificación está construido con yeso, hormigón y una manta asfáltica en la superficie según la disposición que se muestra a continuación:

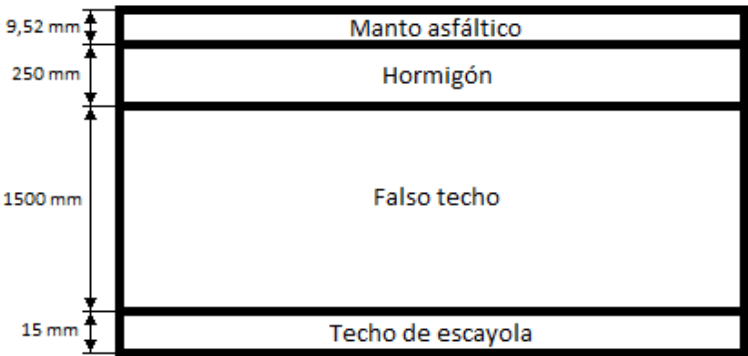


Figura 25.Espesores materiales del techo (azotea).

Entre la el techo de escayola y el hormigón tendremos un hueco de 1,5m que es donde tendremos instalado los conductos de refrigeración y a su vez, este hueco lo usaremos de plenum para el retorno de aire y la renovación. Se despreciara el espesor de la pintura plástica por ser insignificante.

### 3.3.5. Puerta de cristal

Para la puerta el único material del que está construido es un cristal de vidrio de 1,2 cm de espesor

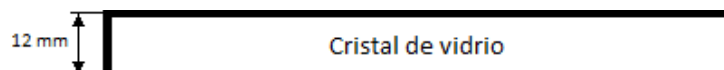


Figura 26.Espesor material de la puerta de cristal.

## 3.4. Conductancias

Todas las conductancias de cada material están sacadas del CTE (Código Técnico de Edificación)

Para realizar el cálculo de las distintas resistencias térmicas usaremos la siguiente fórmula:

$$R_i = \frac{e_i}{k_i}; R_{Ti} = \frac{e_{i1}}{k_{i1}} + \frac{e_{i2}}{k_{i2}} + \dots \frac{e_{in}}{k_{in}}$$

Ecuación 1.Cálculo resistencia térmica.

$R_i$ : Resistencia térmica de cada material  $\left[\frac{mK}{W}\right]$

$e_i$ :Espesor de cada material  $[m]$

$k_i$ : Conductividad térmica de cada material  $\left[\frac{W}{mK}\right]$

### 3.4.1. Muros

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)	Resistencia Térmica (mK/W)
<i>FACHADA EXTERIOR</i>			
Placa Aluminio	230	2	0,00001
Cámara de aire	0,039	4	0,1026
Ladrillos perforado no visto	0,32	115	0,3594
Aislante Térmico (poliestireno)	0,039	10	0,2564
Pintura plástica	Insignificante	Insignificante	Insignificante
<u>Total</u>			0,718

Tabla 10.Conductancia muros.

Los muros que delimitan las oficinas y los pasillos no se tendrán en cuenta ya que su cálculo es despreciable debido a que no hay incremento de temperatura entre ellas, se mantendrá toda la oficina a 24°C.

### 3.4.2. Ventanas

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)	Resistencia Térmica (mK/W)
<i>VENTANAS (aluminio)</i>			
Cristal Vidrio	1,05	4	0,004
Cámara de aire	0,039	10	0,26
Cristal Vidrio	1,05	4	0,004
<u>Total</u>			0,26

Tabla 11. Conductancia ventanas.

### 3.4.3. Techo (entre plantas)

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)	Resistencia Térmica (mK/W)
<i>TECHO (Entre planta)</i>			
Falso techo escayola	0,25	15	0,06
Hormigón	0,8	200	0,25
<u>Total</u>			0,31

Tabla 12. Conductancia techo entre plantas.

### 3.4.4. Techo (Azotea)

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)	Resistencia Térmica (mK/W)
<i>TECHO (Azotea)</i>			
Manto asfáltico	0,1921	9,52	0,04956
Película externa	-----	-----	-----
Película interna	-----	-----	-----
Falso techo escayola	0,25	15	0,06
Hormigón	0,8	250	0,3125
<u>Total</u>			0,36206

Tabla 13. Conductancia techo (azotea).

MATERIALES	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/ m²K)
TECHO (Azotea)	
Película externa	3,466734
Película interna	0,95335185

Tabla 14. Transmitancia térmica película externa e interna.

### 3.4.5. Puerta de cristal

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)	Resistencia Térmica (mK/W)
PUERTA CRISTAL			
Cristal Vidrio	1,05	12	0,01
<u>Total</u>			0,01

Tabla 15. Conductancia puerta de cristal.

## 3.5. Coeficientes globales de transmisión (transmitancia térmica)

Para el cálculo de la transmitancia térmica usaremos la siguiente fórmula:

$$U_i = \frac{1}{\frac{e_{i1}}{K_{i1}} + \frac{e_{i2}}{K_{i2}} + \dots + \frac{e_{in}}{K_{in}}} = \frac{1}{R_{Ti}}$$

Ecuación 2. Cálculo coeficiente global de transmisión.

	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/ m²K)
Muros	1,39
Ventanas	3,79
Techo entre plantas	3,23
Suelo*	33,33
Techo	0,58
Puerta de cristal	87,50

Figura 27. Coeficiente global de transmisión de los diferentes elementos de construcción.

## 3.6. Cargas térmicas

El estudio de las cargas térmicas en este tipo de edificio dedicado a la ocupación de oficinas es vital debido a la gran superficie que conlleva el estudio lo que produce un incremento de presupuesto si el cálculo no se afina lo suficiente.

Para ello necesitaremos realizar un estudio detallado de la conductividad térmica al igual que la convección y la radiación que absorbe la fachada sin



olvidar las pérdidas y ganancias de calor mediante infiltraciones de aire, calor latente y calor sensible en el interior de las oficinas.

Hay que saber diferenciar entre dos tipos de cargas en las personas:

Carga sensible o calor sensible: Es aquella que resulta cuando se eleva la temperatura.

Carga latente o calor latente: Aquella que resulta en la modificación de la humedad.

Cargas térmicas		Sensibles	Latentes
A través de cerramientos	Radicación y transmisión en cerramientos exteriores	SI	NO
	Transmisión en cerramientos interiores	SI	NO
A través de cristales	Radicación y transmisión en superficies acristaladas	SI	NO
	Transmisión en superficies acristaladas	SI	NO
Por ocupación de personas en el local		SI	SI
Por iluminación y/o equipos		SI	NO
Por ventilación e infiltraciones de aire		SI	SI

Tabla 16.Cargas térmicas sensibles y latentes.

Para su cálculo es necesario documentación del RITE y ubicar nuestro ejercicio.

Para realizar el cálculo de cargas térmicas tendremos que analizar cada oficina por separado, agrupándolas por orientación y planta para simplificar los cálculos, al igual que los materiales de muros, huecos (ventanas) y techos. Tendremos en cuenta conducción, convección y radiación para aproximar nuestro proyecto lo máximo posible a la realidad ajustando presupuesto para un consumo eficiente de la energía.

Partiremos de unas condiciones tanto exteriores como interiores calculadas anteriormente:

	Temperatura (°C)	Humedad relativa
CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO	30,7	52%
CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO	24	50%

Tabla 17.Temperatura y humedad relativa de diseño.

### 3.6.1. Cargas térmicas exteriores

Para realizar los cálculos de carga térmica de transmisión (del exterior al interior por la fachada) es necesario saber el espesor de cada material de construcción en milímetros y la conductividad térmica de cada material (K) en  $\frac{W}{K \cdot M}$  apoyándonos en el RITE

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)
FACHADA EXTERIOR		
Placa Aluminio	230	2
Cámara de aire	0,039	4
Ladrillos perforado no visto	0,32	115
Aislante térmico (poliestireno)	0,039	10
Pintura plástica	Insignificante	
VENTANAS (aluminio)		
Cristal Vidrio	1,05	4
Cámara de aire	0,039	10
Cristal Vidrio	1,05	4
TECHO (Entre planta)		
Falso techo escayola	0,25	15
Hormigón	0,8	200
TECHO (Azotea)		
Manto asfáltico	0,1921	9,52
Película externa		
Película interna		
Falso techo escayola	0,25	15
Hormigón	0,8	250
PUERTA CRISTAL		
Cristal Vidrio	1,05	12

Tabla 18.RITE: Conductividad térmica y espesores de los distintos materiales.

Una vez tengamos predefinidos los espesores de los materiales de construcción y la conductividad térmica procederemos a calcular la resistencia térmica de cada parte de la edificación (muros, huecos, techos,...) con la siguiente fórmula:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots R_N$$

Ecuación 3.Resistencia térmica total.

Cada resistencia parcial se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$R_i = \frac{e_i}{k_i}$$

**Ecuación 4.Cálculo resistencia térmica.**

$$R_T = \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots \frac{e_n}{k_n}$$

**Ecuación 5.Cálculo resistencia térmica total.**

Siendo:

$e$ : Espesor de la capa (m)

$k$ : Conductividad térmica de cada material (W/m\*k)

MATERIALES	K (W/(K*m))	ESPESOR e(mm)	Resistencia Térmica (mK/W)
<i>FACHADA EXTERIOR</i>			
Placa Aluminio	230	2	0,00001
Cámara de aire	0,039	4	0,1
Ladrillos perforado no visto	0,32	115	0,36
Aislante Térmico (poliestireno)	0,039	10	0,26
Pintura plástica	Insignificante		
<u>Total</u>			0,72
<i>VENTANAS (aluminio)</i>			
Cristal Vidrio	1,05	4	0,004
Cámara de aire	0,039	10	0,26
Cristal Vidrio	1,05	4	0,004
<u>Total</u>			0,26
<i>TECHO (Entre planta)</i>			
Falso techo escayola	0,25	15	0,06
Hormigón	0,8	200	0,25
<u>Total</u>			0,31
<i>SUELO</i>			
Pavimento técnico sobre elevado	0,24	8	0,03
<u>Total</u>			0,03
<i>TECHO (Azotea)</i>			
Manto asfáltico	0,1921	9,52	0,05
Película externa			
Película interna			
Falso techo escayola	0,25	15	0,06
Hormigón	0,8	250	0,31

<u>Total</u>			1,76
<b>PUERTA CRISTAL</b>			
Cristal Vidrio	1,05	12	0,01
<u>Total</u>			0,01

**Tabla 19. Resistencia térmica total de cada material de construcción.**

Una vez tengamos la resistencia térmica total podemos calcular el coeficiente de transferencia de calor global U que se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_i = \frac{1}{R_{Ti}} = \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$

**Ecuación 6. Transferencia de calor global.**

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor global para el techo (azotea) es necesario añadir tanto la película inferior como la superior que calcularemos apoyándonos en factores del ASHRAE.

$$U_{Total\ Techo} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Total\ techo}} + 6 * 0.577789 + 1.65 * 0.577789} = 0.578 \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$

**Ecuación 7. Cálculo transferencia de calor global del techo con película inferior y superior del techo.**

Usando las formulas anterior obtenemos los siguientes resultados:

	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U en W/m²K)
Muros	1,39
Ventanas	3,79
Techo entre plantas	3,23
Techo	0,58

**Tabla 20. Transmitancia térmica de los elementos de construcción.**

No consideraremos transferencia de calor mediante la puerta de cristal, a pesar de tener una alta transmitancia térmica, el tamaño del hueco es despreciable en comparación con los cerramientos y no nos producirá cambios significativos a nuestros cálculos.

El suelo lo despreciaremos también debido a que debajo hay otra planta que se considera a la misma temperatura interior de cálculo, luego la transferencia de calor es mínima.

Una vez tengamos el coeficiente de transferencia de calor global (U) y el área de las superficies de los muros, huecos y techos calculadas con anterioridad podemos realizar el cálculo de la carga térmica exterior:

$$Q = U * A * (T_{int} - T_{ext})$$

Ecuación 8.Fórmula carga térmica exterior (Q).

U: Coeficiente de transferencia de calor global  $\left[\frac{W}{m^2k}\right]$

A: Area superficial de cada oficina  $[m^2]$

En este proyecto, como se ha mencionado con anterioridad, el método de cálculo utilizado por su facilidad y versatilidad es el método CLTD. Con este método nos basamos en las temperaturas medias máximas y en los datos de temperatura de diseño del interior, con esto podemos unificar tanto del cálculo de cargas mediante conducción como de convección y radiación. Para ello es necesario buscar en el CLTD (cooling load temperature different) en el ASHRAE, cuya obtención de dichos valores se detallan a continuación:

### 3.6.1.1. Techo

Seleccionaremos, mediante el uso de la tabla 6.1.11 de ASHRAE (Cross Reference Table Used to Determine Roof Type) y la resistencia total del techo, ya calculada con anterioridad el tipo de techo que tenemos para el cálculo posterior del CLTD.

$$0.72 \frac{mK}{W} = 1.25 \frac{ft^2 * h * ^\circ F}{BTU * ft}$$

Ecuación 9.ASHRAE: Resistencia del techo en unidades inglesas.

Cross-Reference Table Used to Determine Roof Type									
Mass Location	Principal Roof Material		Susp. Ceiling	R Value (ft <sup>2</sup> · h · °F)/Btu					
	Description	ASHRAE Code		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Inside insulation	2-in HW concrete	C12	No	2	2	4	4	5	
			Yes	5	8	13	13	14	
	1-in wood	B7	No	1	2	2	4	4	
Yes				4	5	9	10	10	
Evenly spaced	2-in HW concrete	C12	No	2					
			Yes	3					
	Steel deck	A3	No	1	1	1	2	2	
			Yes	1	1	2	2	4	
	Attic-ceiling combination		n/a	No	1	2	2	2	4
Outside insulation	2-in HW concrete	C12	No	2	3	4	5	5	
			Yes	3	3	4	5		

Figura 28.Determinación del tipo de techo.

Observamos que nuestro tipo de Muro es el número 5 según la localización y los parámetros de diseño.

Los coeficientes del ASHRAE aparecen para una latitud de 36°Norte y 48°Norte por lo que realizaremos una interpolación para la aproximación de

nuestro proyecto a latitud de 42°Norte en un horario de 9 a 21h. Los datos los cogeremos de las tablas de julio, que es el mes más cálido en Zaragoza y por lo tanto el más extremo.

Tabla CLTD Techos 36°N			Tabla CLTD Techos 48°N		
Hora solar	Tipo 1(°F)	Tipo 1(°K)	Hora solar	Tipo 1(°F)	Tipo 1(°K)
9	7	259,3	9	8	259,8
10	12	262,0	10	13	262,6
11	21,5	267,3	11	22	267,6
12	31	272,6	12	31	272,6
13	41,5	278,4	13	40	277,6
14	52	284,3	14	49	282,6
15	59,5	288,4	15	56	286,5
16	67	292,6	16	63	290,4
17	68,5	293,4	17	64,5	291,2
18	70	294,3	18	66	292,0
19	64,5	291,2	19	62	289,8
20	59	288,2	20	58	287,6
21	50,5	283,4	21	50	283,2

Tabla 21.Tabla CLTD techos 36°N y 48°N.

Tabla CLTD Techos 42°N (Interpolación)		
Hora solar	Tipo 1(°F)	Tipo 1(°K)
9	7,5	259,5
10	12,5	262,3
11	21,75	267,5
12	31	272,6
13	40,75	278,0
14	50,5	283,4
15	57,75	287,5
16	65	291,5
17	66,5	292,3
18	68	293,2
19	63,25	290,5
20	58,5	287,9
21	50,25	283,3

Tabla 22.Tabla CLTD Techos 42°N (interpolación).

Los datos de la interpolación son los más aproximados a nuestra latitud y por lo tanto los más válidos. Estos serán necesarios para el cálculo del CLTD corregido basándonos en los cálculos de todas las horas de todos los días de la estación de verano, en total asciende a 2309 operaciones, de las cuales seleccionaremos la más desfavorable, es decir, la que mayor potencia sume.



### 3.6.1.2. Muros y ventanas

Para calcular los CLTD en la fachada tendremos que diferenciar entre las distintas orientaciones que disponemos en nuestro edificio que serán NORTE-ESTE-SUR-OESTE, en el rango de horario del ejercicio (9:00 a 21:00):

Low Mass, HIGH R-Factor Wall					Low Mass, MEDIUM R-Factor Wall				
CLTD Muros 42°N	N	E	S	O	CLTD Muros 42°N	N	E	S	O
HORA SOLAR					HORA SOLAR				
8	4	17	-1	-1	8	1	6	-1	0
9	7	32	4	3	9	3	17	1	1
10	9	48	8	6	10	6	28	3	3
11	12	52	17	9	11	8	37	8	5
12	15	57	26	13	12	10	46	14	8
13	18	51	35	18	13	13	47	22	12
14	21	45	44	23	14	16	48	30	15
15	24	39	47	34	15	19	44	36	22
16	27	34	51	46	16	22	40	42	30
17	27	32	46	57	17	24	37	43	41
18	28	30	42	69	18	26	34	44	52
19	27	26	35	68	19	26	32	40	58
20	27	23	28	67	20	27	29	36	64
21	26	20	21	63	21	20	22	29	56

Tabla 23.Low Mass, High R Factor Wall.

### 3.6.1.3. Cálculo carga térmica (del exterior al interior) (Q)

Para calcular la potencia máxima de calor transferida al interior de las oficinas necesitaremos las siguientes formulas sacadas del RITE y del ASHRAE:

$$Q = U * A * (CLTD_{corregido})$$

Ecuación 10.Cálculo carga térmica (W).

$$CLTD_{corregido} = CLTD + (78 - T_{int}) + (T_m - 85)$$

Ecuación 11.Cálculo del CLTD corregido.

$T_{int}$ : Temperatura interior

$T_m$ :  $(T_{maxima\ diaria} - (T_{maxima\ diaria} - T_{minima\ diaria}) * 0.5)$

Sumaremos todas las Q de las distintas orientaciones que tengamos en cada una de nuestras oficinas llegando a una  $Q_T$  calculada para cada hora de los distintos días que tiene la época de verano y sacaremos el caso más desfavorable que será el que más potencia térmica entre a través de nuestras paredes y la mínima para realizar un estudio de lo que ocurre en cada caso extremo.

En el caso de las oficinas con techo, actuaremos de la misma manera que anteriormente añadiendo por separado la potencia térmica que entra a través de nuestro techo.

Área (m2)	Oficinas	Potencia máxima (w)	Potencia máxima (w/m <sup>2</sup> )
104,85	1,2,3,6,7,8	1086,2	10,4
	<b>TOTAL</b>	<b>1086,2</b>	<b>10,4</b>
104,85	21,22,23,26,27,28	1086,2	10,4
	Techo	1536,9	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>2623,1</b>	<b>25</b>
104,85	11,12,13,16,17,18	1493,4	14,2
	<b>TOTAL</b>	<b>1493,4</b>	<b>14,2</b>
104,85	31,32,33,36,37,38	1493,4	14,2
	Techo	1536,9	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>3030,3</b>	<b>28,9</b>
108,24	4	1894,3	17,5
	<b>TOTAL</b>	<b>1894,3</b>	<b>17,5</b>
108,24	24	1894,3	17,5
	Techo	1586,6	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>3480,9</b>	<b>32,2</b>
108,24	5	676,1	6,2
	<b>TOTAL</b>	<b>676,1</b>	<b>6,2</b>
108,24	25	676,1	6,2
	Techo	1586,6	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>2262,7</b>	<b>20,9</b>
144,77	9	2302,5	15,9
	<b>TOTAL</b>	<b>2302,5</b>	<b>15,9</b>
144,77	29	2302,5	15,9
	Techo	2122,1	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>4424,6</b>	<b>30,6</b>
144,77	10	2836,7	19,6
	<b>TOTAL</b>	<b>2836,7</b>	<b>19,6</b>
144,77	30	2836,7	19,6
	Techo	2122,1	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>4958,8</b>	<b>34,3</b>
157,76	14,15	2402,4	15,2
	<b>TOTAL</b>	<b>2402,4</b>	<b>15,2</b>
144,77	19	2035,9	14,1
	<b>TOTAL</b>	<b>2035,9</b>	<b>14,1</b>
144,77	39	2035,9	14,1

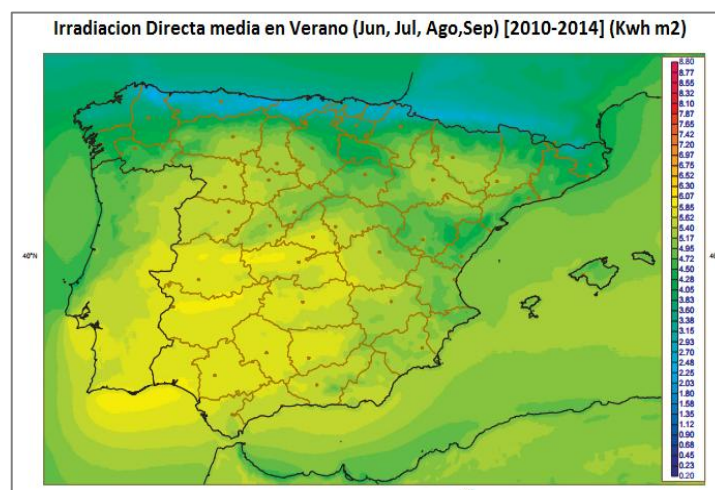
	Techo	2122,1	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>4158</b>	<b>28,7</b>
144,77	20	770,7	5,3
	<b>TOTAL</b>	<b>770,7</b>	<b>5,3</b>
144,77	40	770,7	5,3
	Techo	2122,1	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>2892,7</b>	<b>20</b>
108,24	34	1913	17,7
	Techo	1586,6	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>3499,6</b>	<b>32,3</b>
108,24	35	2515,8	23,2
	Techo	1586,6	14,7
	<b>TOTAL</b>	<b>4102,4</b>	<b>37,9</b>

**Tabla 24. Carga térmica potencia máxima y mínima**

Para realizar el cálculo de la potencia obtuvimos potencias mínimas negativas, es decir, algunas oficinas irradiaban al exterior.

Para explicar este fenómeno hay que tener en cuenta el factor de la radiación. Por una parte, hay que tener en cuenta la radiación y esta se puede manifestar en tres formas distintas:

*Radiación Directa:* Es la que procede directamente del sol sin haber sufrido cambio alguno en la dirección. Proyecta una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

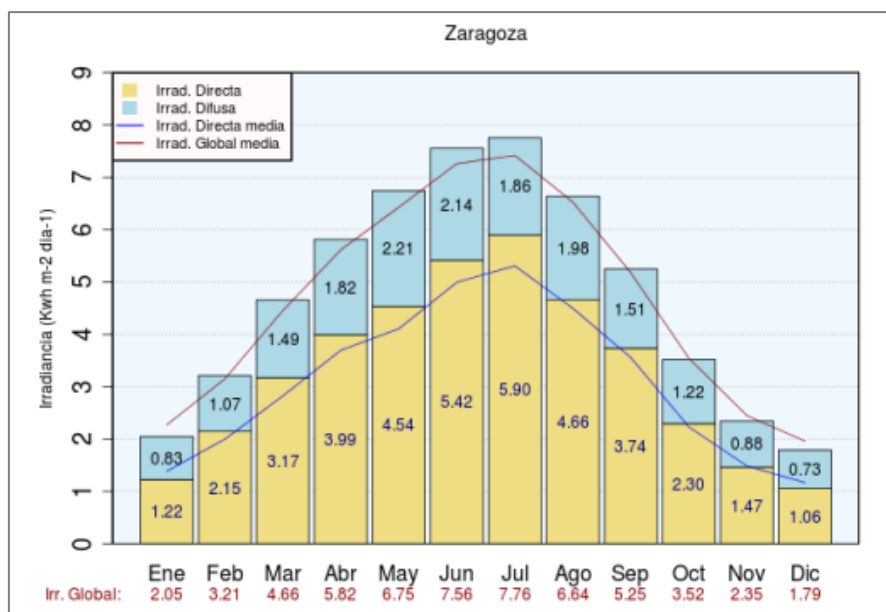


**Figura 29.AEMET: Irradiación directa media en verano 2010-2014.**

*Radiación Difusa:* Es la que se recibe de la atmósfera debido a la dispersión de la radiación solar en la misma.

*Radiación Reflejada:* Es la que se refleja en la superficie terrestre.

La superficies horizontales reciben más radiación difusa que reflejada y las superficies verticales más reflejada que difusa.



Gráfica 4.Irradiación difusa y directa.

Observando el gráfico obtenido de la base de datos de 2015 de la AEMET con localización en la base aérea de Zaragoza( a escasos metros del edificio a proyectar la instalación) y analizando los meses de verano que puntualmente son los que más radiación difusa y directa tienen, siendo esta última notablemente mayor ya aplicando la teoría de que la superficies horizontales reciben más radiación difusa que reflejada y las superficies verticales más reflejada que difusa; aplicándolo a nuestro ejercicio tendremos una mayor radiación directa en el techo (más potencia transferida mediante techos) y la difusa nos aumentara también la potencia transferida por los techos y , en parte la de los muros más expuestos al recorrido del Sol.

En verano, el sol sale por el NOR-ESTE y se pone por el NOR-ESTE. Cuando el sol está saliendo, la fachada del lado OESTE queda a la sombra manteniendo la temperatura más fresca de la noche lo que produce una irradiación de temperatura al exterior, es decir, estamos cediendo calor al ambiente debido a que la temperatura interior es más alta que la exterior. De igual manera, el cuándo el sol se esa poniendo, sobre las 21:00-21:30, la fachada ESTE estará a la sombra y empezara a absorber menos el calor disminuyendo la potencia térmica.

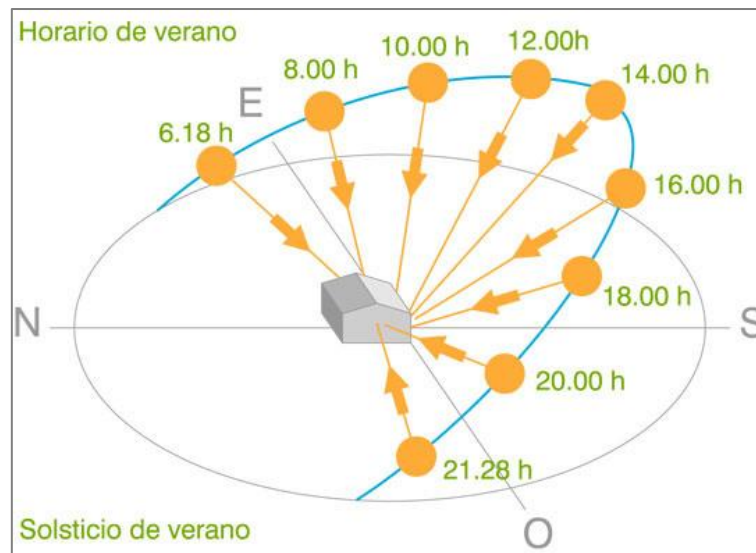


Figura 30. Recorrido del sol en horario de verano.

También se observa en la figura anterior que a medida que nos acercamos al medio día, aumentará la potencia térmica a través del techo, llegando a su punto máximo a las 14:00-15:00 de la tarde.

### 3.6.2. Cargas térmicas interiores

Una vez calculemos las cargas exteriores debidas a la conducción, convección y radiación, estudiaremos las cargas interiores que afectarán a nuestro diseño.

Al situarnos en la época de verano, para calcular la potencia total, sumaremos todas las cargas internas (personas, iluminación, equipos, renovaciones de aire e infiltraciones) debido a que nos generarán un calor (ya sea sensible o latente) que nos aumentará la potencia térmica de las oficinas y, por lo tanto, condicionará la selección de nuestros equipos de climatización.

#### 3.6.2.1. Cargas térmicas debidas a personas.

En este caso tenemos un edificio de oficinas en el que se va a realizar un trabajo del personal en su mayoría sentado y ligero cuya temperatura interior está fijada en 24°C. Para mejorar el estudio diremos que el ambiente de trabajo es mixto a partes iguales. Por lo tanto tenemos la siguiente selección:

ACTIVIDAD		CALOR TEMPERATURA SECA						
		TOTAL	25°C		24°C		23°C	
		(W)	CS	CL	CS	CL	CS	CL
Sentado reposo (teatro, cine...)	Hombre	115	76	39	81,5	33,5	87	28
	Mujer	100	66	34	66,5	28,5	67	23
	Media	102	71	31	74	28,5	77	26
Sentado trabajo muy ligero (OFICINA)	Hombre	139	84	55	94,5	44,5	105	34
	Mujer	109	73	36	77,5	31,5	82	27
	Media	124	78	46	86	38	94	30
Sentado trabajo ligero (trabajo montaje)	Hombre	185	93	92	111	74	129	56
	Mujer	145	79	66	94	51	109	36
	Media	165	86	79	102,5	62,5	119	46
De pie sin movimiento	Hombre	139	80	59	92,5	46,5	105	34
	Mujer	109	70	39	76	33	82	27
	Media	124	75	49	84,5	39,5	94	30
De pie trabajo ligero (bancos, marcha reducida)	Hombre	235	94	141	112	123	130	105
	Mujer	185	83	102	99	86	115	70
	Media	210	89	121	106	104	123	87
De pie trabajo moderado (gimnasio, baile,..)	Hombre	400	115	285	137	263	159	241
	Mujer	314	102	212	122	192	142	172
	Media	357	109	248	130	227	151	206

Tabla 25. Calor latente y sensible medio.

Cruzando datos de la ocupación de las oficinas y de la tabla de actividad obtenemos la potencia térmica debidas al calor latente y sensible del personal:

Oficina	Ocupación (personas)	Calor latente personas (W)	Calor latente personas (W/m²)	Calor Sensible personas (W)	Calor Sensible personas (W/m²)
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	10	380	3,6	860	8,2
4-5; 24-25	11	418	3,9	946	8,7
9; 20; 29; 40	34	1292	8,9	2924	20,2
10; 19; 30; 39	14	532	3,7	1204	8,3
13-16; 33-36	23	874	8,3	1978	18,9
14-15	34	1292	8,2	2924	18,5
34-35	11	418	3,9	946	8,7

Tabla 26. Potencia térmica debidas al calor latente y sensible del personal.



### 3.6.2.2. Cargas térmicas debidas a iluminación.

La propia iluminación de las distintas oficinas aumentara la potencia de nuestros cálculos. En el RITE encontramos una tabla de la potencia máxima instalada de las luminarias en oficinas:

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m2]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Figura 31.RITE: Potencia máxima instalada iluminación.

Al encontrarnos en un edificio administrativo tendremos una potencia máxima instalada de 12 W/m2. Con la hoja de ocupación de nuestro edificio podremos calcular la potencia parcial por oficinas, la total y la superficial:

Oficina	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminación (W)	Iluminación (W/m <sup>2</sup> )
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	104,85	1258,2	12
4-5;24-25; 34-35	108,24	1298,88	12
9;20;29;40	144,77	1737,24	12
10;19;30;39	144,77	1737,24	12
13-16; 33-36	104,85	1258,2	12
14-15	157,76	1893,12	12

Tabla 27.Potencia iluminación por oficina.

### 3.6.2.3. Cargas térmicas debidas a equipos

Los equipos eléctricos generan una potencia sensible que condicionara el estudio de nuestra potencia total en cada oficina. Para el cálculo de la carga térmica aportada por la maquinaria, equipos y demás electrodomésticos presentes en el espacio climatizado del local se considerará que la potencia integra de funcionamiento de las máquinas y equipos presente en ese recinto se transformará en calor sensible.

Oficinas	Área (m <sup>2</sup> )	Equipos (unidades)	Calor equipos sensible (W)	Calor equipos sensible(W/m <sup>2</sup> )
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	104,85	10	1100	10,5
4-5;24-25; 34-35	108,24	11	1210	11,2
9;20;29;40	144,77	10	1100	7,6
10;19;30;39	144,77	10	1100	7,6
13-16; 33-36	104,85	9	990	9,4
14-15	157,76	9	990	6,3

Tabla 28.Calor equipo sensible por oficinas.

#### 3.6.2.4. Cargas térmicas debidas a infiltraciones.

No se calculan cargas térmicas debidas a infiltraciones porque se considera una construcción a presión positiva.

#### 3.6.2.5. Cargas térmicas debidas a renovaciones de aire.

Para el apoyo y renovación de aire viciado de los recintos se han instalado una serie de ventiladores centrífugos de impulsión de aire del exterior y retorno de aire interior a través de conductos de chapa galvanizada.

Para el cálculo de renovaciones de aire en la oficina hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

##### 3.6.2.5.1. Categorías de calidad de aire interior

En España el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.) establece distintas categorías en la calidad de aire interior (IDA) exigibles a los edificios en función del uso que se haga de ellos, a saber:

- IDA 1: es la categoría de calidad óptima del aire. Se exige en edificios de uso muy sensibles, tales como, hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

- IDA 2: significa una calidad de aire buena. Se suele exigir esta calidad de aire para oficinas, salas comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y estudiantes, salas de lectura, bibliotecas, museos, salas de tribunales, colegios y aulas de enseñanzas, piscinas cubiertas.

- IDA 3: o calidad de aire media. Tipo de aire válido para el grueso de edificios, tales como, edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos y representaciones, habitaciones de hoteles, hostales y pensiones, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, establecimientos deportivos (salvo piscinas), salas para uso de ordenadores.

- IDA 4: corresponde a un tipo de aire de calidad baja. Para el resto de edificios no mencionados anteriormente.

En nuestro caso tendremos una calidad de aire IDA 2 (calidad de aire buena) que es el que se exige para oficinas y zonas comunes como puede ser el Hall y pasillos.

### 3.6.2.5.2. Caudal mínimo de aire exterior de ventilación

Hay que establecer el caudal mínimo de aire exterior de ventilación que garantice que se va a alcanzar dicha calidad. Este aporte de aire limpio del exterior es lo que se conoce también por renovación o ventilación del aire contenido en el interior del edificio.

Para saber el número de renovaciones necesarias o caudales de aporte de aire exterior, hay que partir del uso a que se va a destinar el edificio. En función de este uso, existen multitud de tablas y recomendaciones de bibliografía especializada que indican el número de renovaciones horarias, o bien proporcionan directamente los caudales de aire por persona o metro cuadrado de superficie del edificio o de salas a acondicionar.

En la siguiente tabla se indica el número de renovaciones a la hora, para cada tipo de establecimiento o local, según la norma DIN 1946.

Tipo de Local		Nº. Renovaciones de aire por hora
WC, inodoros	Privados	4-5
	Públicos	8-15
Aseos y baños		5-7
Duchas		15-25
Bibliotecas		4-5
Oficinas		4-8
Tintorerías		5-15
Cabinas de pintura		25-50
Garajes y parkings		5
Salas de decapado		5-15
Locales de acumuladores		5-10
Armarios roperos		4-6
Restaurantes y casinos		8-12
Industrias de Fundiciones		8-15
Remojos		70-80
Auditorios		6-8
Salas de cines y de teatros		5-8
Aulas		5-7
Salas de conferencias		6-8
Cocinas	Privadas	15-25
	Colectivas	15-30

Figura 32.RITE: Nº Renovaciones de aire por hora.

Para calcular el caudal mínimo requerido por ventilación de aire exterior es inmediato a partir de la tabla anterior donde vemos el rango de renovaciones que se permiten para nuestro ejercicio que son oficinas (de 4 a 8 renovaciones por hora)

$$Q = V * N$$

**Ecuación 12.Caudal mínimo del aire exterior en m³/h**

Donde Q es el caudal mínimo del aire exterior en m³/h, V el volumen del área a renovar en m³ y N el número de renovaciones establecida que en nuestro caso será de 6 para asegurar una calidad del aire aceptable sin que afecte en exceso al presupuesto final.

Oficina	Altura (m)	Área (m²)	Volumen (m³)	Renovación aire(veces/hora)	Q caudal mínimo de aire exterior(m³/h)
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	2,4	104,85	251,64	6	1509,84
4-5;24-25; 34-35	2,4	108,24	259,776	6	1558,66
9;20;29;40	2,4	144,77	347,448	6	2084,69
10;19;30;39	2,4	144,77	347,448	6	2084,69
13-16; 33-36	2,4	104,85	251,64	6	1509,84
14-15	2,4	157,76	378,624	6	2271,74
<b>TOTAL (m³/h)</b>					<b>66809,1</b>

**Tabla 29.Caudal mínimo del aire exterior en m³/h (6 renovaciones).**

En la siguiente tabla podemos observar la diferencia de caudal (Q) que nos supondría pasar de 4 renovaciones de aire por hora a 8 renovaciones de aire por hora:

Oficina	Renovación aire(veces/hora)	Q caudal mínimo de aire exterior(m³/h)	Renovación aire(veces/hora)	Q caudal mínimo de aire exterior(m³/h)
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	4	1006,56	8	2013,12
4-5;24-25; 34-35	4	1039,104	8	2078,21
9;20;29;40	4	1389,792	8	2779,58
10;19;30;39	4	1389,792	8	2779,58
13-16; 33-36	4	1006,56	8	2013,12
14-15	4	1514,496	8	3028,99
<b>TOTAL (m³/h)</b>		<b>47799,49</b>	<b>TOTAL (m³/h)</b>	<b>95598,9</b>

**Tabla 30.Q caudal mínimo de aire exterior (m³/h) 4 y 8 renovaciones.**

Como se puede observar, al ser un edificio de grandes dimensiones con 40 oficinas más zonas comunes, el cambio de 4 renovaciones de aire a la hora a 8 renovaciones supone un caudal del doble de metros cúbicos a la hora, lo que supondrá unos gastos mayores en la renovación del aire.

Otros procedimientos que pueden ser utilizados para el cálculo de los caudales mínimos necesarios de aire exterior de ventilación son los expuestos en el R.I.T.E que son 5:

- A. Método directo por calidad del aire percibido
- B. Método directo de caudal de aire exterior por persona
- C. Método directo por concentración de CO<sub>2</sub>
- D. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie
- E. Método de dilución

De los anteriores no estudiaremos el método de dilución ya que no conocemos las emisiones de contaminantes específicos. Por lo tanto tenemos los siguientes métodos:

#### 3.6.2.5.3. Método indirecto de caudales de aire exterior por persona

Es un procedimiento que se aplica especialmente en locales que tienen una baja producción de contaminantes provenientes de fuentes diferentes del ser humano y en general, cuando no está permitido fumar en el local.

Para ello basta con emplear los valores indicados en la siguiente tabla:

Caudales de aire exterior, en dm <sup>3</sup> /s por persona	
Categoría del aire interior exigible	dm <sup>3</sup> /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Figura 33.RITE: Caudales de aire exterior, en dm<sup>3</sup>/s por persona.

Tendremos que pasar este dato a m<sup>3</sup>/h para poder realizar el cálculo en unidades correctas:

$$12 \frac{dm^3}{s} * 3.6 = 45 \frac{m^3}{h}$$

Ecuación 13.Cambio de dm<sup>3</sup>/s a m<sup>3</sup>/h.

Podemos calcular la renovación en m<sup>3</sup>/h de nuestro edificio:

IDA 2: OFICINAS (45)---Categoría del aire interior	
Oficina	Método indirecto de caudales de aire exterior por persona(m <sup>3</sup> /h )
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	450
4-5;24-25	540
9;20;29;40	1035
10;19;30;39	630
13-16; 33-36	855
14-15	1260
34-35	495
<b>TOTAL</b>	<b>25830</b>

Tabla 31.Método indirecto de caudales de aire exterior por persona (m<sup>3</sup>/h por persona).

#### 3.6.2.5.4. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie

Este caso se suele usar especialmente en locales y establecimientos de edificios donde la ocupación de personas no es permanente.

De la siguiente tabla se extrae los valores de los caudales de aire exterior por metro cuadrado de superficie del local, según la calidad de aire interior exigida:

Caudales de aire exterior, en dm <sup>3</sup> por segundo y unidad de superficie	
Categoría del aire interior exigible	dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )
IDA 1	No aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

Figura 34.RITE: Caudales de aire exterior, dm<sup>3</sup> por segundo y unidad de superficie.

IDA 2: OFICINAS(0,83)				
Oficina	Ocupación (personas)	Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie (l/s)	Caudal por persona (l/s)	Caudal por metro2 (l/s*m²)
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	10	80	8	
4-5	11	88	8	
24-25	12	96	8	
9;20;29;40	23	184	8	
10;19;30;39	14	112	8	
13-16; 33-36	19	152	8	
14-15	28	224	8	
34-35	11	88	8	
<b>TOTAL</b>		<b>11546,22</b>		

Tabla 32.Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie dm3/(s·m2).

Hay que recordar que el resultado total de cada planta (Q) viene del sumatorio del caudal de cada persona por 8l/s más el área de los pasillos más Hall multiplicado por 0,83 l/s\*m2, lo que nos dará el resultado en l/s que multiplicado por 3,6 obtendremos m3/h que nos servirá para comparar con el resto de métodos.

### 3.6.2.5.5. Método directo de concentración de CO2

Su aplicación se aplica sobre todo a locales con una alta actividad metabólica como pueden ser gimnasios, pabellones deportivos, salas de fiesta, etc.

El método directo de concentración de CO2 consiste en limitar la concentración de CO2 en el aire interior en función de la categoría del aire interior exigida, todo esto se consigue mediante la impulsión de aire limpio procedente del exterior. En la siguiente tabla se muestran los valores límite de concentración de CO2 se indican en la siguiente tabla:

Concentración de CO2 máxima admisible en los locales	
Categoría del aire interior exigible	ppm (*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1200

Figura 35.RITE: Concentración de CO2 máxima admisible en los locales.



Para el estudio de nuestro proyecto calcular la renovación en m<sup>3</sup>/h de nuestro edificio con la siguiente tabla:

		IDA 2:OFICINAS (500) sitios con elevada actividad metabólica
Oficina	Ocupación (personas)	Método directo de concentración de CO <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /h)
1-3; 6-8; 11-12; 17-18; 21-23; 26-28; 31-32; 37-38	10	422,2
4-5;34-35	11	464,4
24-25	12	506,7
9;20;29;40	23	971,1
10;19;30;39	14	591,1
13-16; 33-36	19	802,2
14-15	28	1182,2
<b>TOTAL</b>		<b>24151,1</b>

Tabla 33.Método directo de concentración de CO<sub>2</sub>.

Para lograr los resultados anteriores hay que realizar la siguiente operación y así conseguir m<sup>3</sup>/h:

$$\frac{m^3}{h} = \left\{ \left[ \frac{(Ocupación (personas) * 19)}{3600} \right] * \left[ \frac{1}{0.9} \right] \right\} * 3.6$$

Tabla 34.Cambio unidades método directo de concentración de CO<sub>2</sub>

Una vez tenemos los 3 métodos diferentes para la obtención del caudal de aire para la renovación cogemos el mayor, que será el más desfavorable y por lo tanto el que más se ajuste a la realidad:

	PLANTA 1	PLANTA 2	TOTAL m <sup>3</sup> /h
<b>Método indirecto de caudales de aire exterior por persona(m<sup>3</sup>/h )</b>	13905,0	11925,0	<b>25830,0</b>
<b>Método directo de concentración de CO<sub>2</sub> (m<sup>3</sup>/h)</b>	13046,7	11188,9	24235,6
<b>Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie (m<sup>3</sup>/h)</b>	9424,3	7846,0	17270,3
<b>Q caudal mínimo de aire exterior(m<sup>3</sup>/h) 6 renovaciones/hora</b>	34117,6	32691,5	66809,1
<b>Q caudal mínimo de aire exterior(m<sup>3</sup>/h) 4 renovaciones/hora</b>	26005,2	23129,6	49134,7
<b>Q caudal mínimo de aire exterior(m<sup>3</sup>/h) 8renovaciones/hora</b>	52010,3	46259,1	98269,4

En nuestro caso, la más alta y por lo tanto la más desfavorable es el caudal mínimo de aire exterior, según la norma deberíamos coger este método pero al saber exactamente el número de personas que están en la oficina escogeremos el método indirecto de caudales de aire exterior por persona porque es más aproximado a la realidad.

### 3.6.2.5.6. Calor latente por renovación

Como hemos visto con anterioridad, el método seleccionado para nuestro diseño será el “*Método directo de caudal de aire exterior por persona*”. La carga latente transmitida por ventilación de aire exterior ( $Q_{renov\ latente}$ ) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{renov\ latente} = V * \rho * C_{l,agua} * \Delta W$$

**Ecuación 14. Cálculo calor latente por renovación.**

$V$ : es el caudal de aire por ventilación (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$ : Es la densidad del aire, de valor **1,18 kg/m<sup>3</sup>**;

$C_{l,agua}$ : es el calor específico del agua, de valor **2257 kJ/kg**;

$\Delta W$ : es la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior  $\frac{granos}{kg}$ .

Para realizar los cálculos, necesitaremos el  $\Delta W$  medio de los distintos meses de verano, es decir, de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Elegiremos el mayor valor que será para el caso más desfavorable. Nos basaremos en la tabla de condiciones de diseño del ASHRAE para localizar la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior:

Design conditions for ZARAGOZA (USAFB), Spain												
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures												
%	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun	
	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB
	18a	18b	18c	18d	18e	18f	18g	18h	18i	18j	18k	18l
0.4%	17.0	11.1	19.8	12.0	23.2	13.7	26.2	14.5	30.1	17.2	35.9	20.3
1%	16.0	11.1	18.2	11.8	22.0	13.6	24.9	14.0	29.1	16.9	34.2	19.9
2%	15.0	10.3	17.8	11.6	21.0	13.5	23.2	14.0	28.1	16.6	33.2	19.7
%	Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB
	18m	18n	18o	18p	18q	18r	18s	18t	18u	18v	18w	18x
0.4%	39.0	21.8	38.1	21.6	35.0	20.7	27.2	17.7	21.2	16.0	18.8	13.8
1%	37.2	21.5	37.1	21.6	32.9	19.1	26.2	17.3	20.1	15.2	17.0	11.9
2%	36.2	20.9	36.0	20.8	31.8	19.6	25.1	16.6	18.9	14.4	15.9	11.6

**Figura 36. Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior en los meses de verano.**

El MCWB es el parámetro que buscamos para la realización de nuestros cálculos.

Observamos que el valor máximo es en Agosto por lo que realizaremos los cálculos en las distintas oficinas con el valor de  $\Delta W = 21,6$

Oficinas	Área (m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	Calor Latente Renovaciones (W)
1,2,3,6,7,8, 11,12,13,16,17,18,21,22,23,26,27,28 , 31,32,33,36,37,38	104,85	450	0,125	7,191
4,24,5,25	108,24	540	0,15	8,629
9,29,20,40	144,77	1035	0,2875	16,539
10,30,19,39	144,77	630	0,175	10,067
14,15	157,76	1260	0,35	20,134
34,35	108,24	495	0,1375	7,910

Tabla 35. Calor latente de renovación.

### 3.6.2.5.7. Calor sensible por renovación

El método seleccionado para nuestro diseño será el “*Método directo de caudal de aire exterior por persona*”.

La carga sensible transmitida por ventilación de aire exterior ( $Q_{renov\ sensible}$ ) la calcularemos con la siguiente formula:

$$Q_{renov\ sensible} = 0.29 * V * \Delta T$$

Ecuación 15. Cálculo calor sensible por renovación

$\Delta T$ : Temperatura exterior menos la interior.

Apoyándonos en las condiciones de diseño de las oficinas ya estudiadas con anterioridad:

	Temperatura (°C)	Humedad relativa
CONDICIONES EXTERIORES	30,7	52%
CONDICIONES INTERIORES	24	50%

Tabla 36. Condiciones exteriores e interior.

Nuestro incremento de temperatura será 6,7 y nuestro caudal de aire de renovación total es 25830,0 m<sup>3</sup>/s por lo que nos queda un caudal para las distintas oficinas de:

$$Q_{renov\ sensible} = 0.29 * V_i \frac{m^3}{s} * 6,7$$

Ecuación 16. Cálculo calor sensible por renovación (valores).

$V_i$ : Caudal de aire por infiltración de cada oficina

Oficinas	Área (m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	Calor Sensible Renovaciones (W)
1,2,3,6,7,8,11,12,13,16,17,18,21,22,23,26, 27,28,31,32,33,36,37,38	104,85	450	0,125	0,243
4,24,25	108,24	540	0,15	0,291
5	108,24	540	0,15	0,291
9,20,29,40	144,77	1035	0,29	0,559
10,30	144,77	630	0,17	0,340
14,15	157,76	1260	0,35	0,680
19,39	144,77	630	0,17	0,340
34,35	108,24	495	0,14	0,267

Tabla 37. Calor sensible de renovación.

### 3.6.3. Cargas totales

En un edificio de oficinas, todos los equipos e iluminación se consideran que no funcionarán todos a la vez, por lo que se le suele aplicar un coeficiente de simultaneidad del 0,75 a la suma obtenida de todas las potencias. En nuestro caso no tomaremos este coeficiente sino 1, es decir, trabajaremos con el caso más desfavorable cuando este toda la gente en su puesto de trabajo, todas las luces encendidas y todos los equipos obtenidos.

Oficinas	Área	OCUPACIÓN (W)		RENOVACIÓN (W)		EQUIPOS (W)	CERRAMIENTO (W)	ILUMINACIÓN (W)	TOTAL (W)		
		Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Qs	Qs	Qs	Ql	Q
1,2,3,6,7,8	104,85	380	860	0,2	7,2	1100	1086,2	1258,2	3824,6	867,2	4691,8
21,22,23,26,27,28	104,85	380	860	0,2	7,2	1100	2623,1	1258,2	5361,6	867,2	6228,7
11,12,13,16,17,18	104,85	380	860	0,2	7,2	1100	1493,4	1258,2	4231,9	867,2	5099,0
31,32,33,36,37,38	104,85	380	860	0,2	7,2	1100	3030,3	1258,2	5768,8	867,2	6636,0
4	108,24	418	946	0,3	8,6	1210	1894,3	1298,9	4821,5	954,6	5776,1
24	108,24	418	946	0,3	8,6	1210	3480,9	1298,9	6408,1	954,6	7362,7
5	108,24	418	946	0,3	8,6	1210	676,1	1298,9	3603,3	954,6	4557,9
25	108,24	418	946	0,3	8,6	1210	2262,7	1298,9	5189,9	954,6	6144,5
9	144,77	1292	2924	0,6	16	1100	2302,5	1737,2	6432,3	2940	9372,9
29	144,77	1292	2924	0,6	16	1100	4424,6	1737,2	8554,4	2940	11495,0
10	144,77	532	1204	0,3	10	1100	2836,7	1737,2	6206,3	1214	7420,4
30	144,77	532	1204	0,3	10	1100	4958,8	1737,2	8328,4	1214	9542,5
14,15	157,76	1292	292	0,7	20	990	2402,4	1893,1	6578,2	2944	9522,4
19	144,77	532	1204	0,3	10	1100	2035,9	1737,2	5405,5	1214	6619,6
39	144,77	532	1204	0,3	10,1	1100	4158,0	1737,2	7527,6	1214,1	8741,7
20	144,77	1292	2924	0,6	16,5	1100	770,7	1737,2	4900,5	2940,5	7841,0
40	144,77	1292	2924	0,6	16,5	1100	2892,7	1737,2	7022,5	2940,5	9963,1
34	108,24	418	946	0,3	7,9	1210	3499,6	1298,9	6426,8	953,9	7380,7
35	108,24	418	946	0,3	7,9	1210	4102,4	1298,9	7029,5	953,9	7983,4
Cof.Siml		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 38.Potencia total y coef. de simultaneidad.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 4.1. Funcionamiento aire acondicionado por conductos

En un sistema de aire acondicionado, el aire es atraído al sistema de conductos a través del sistema de retorno de aire, en nuestro caso usaremos una renovación por plenum y absorción de aire del exterior. Instalado en el sistema de retorno de aire hay un intercambiador en el evaporador. El intercambiador del evaporador está conectado al condensador, la unidad que está fuera de la zona a climatizar, por un tubo de cobre. El refrigerante es bombeado desde el condensador al intercambiador del evaporador. A la vez que el refrigerante está circulando por el interior del evaporador, el aire caliente del interior de la oficina está pasando sobre el evaporador. Como el refrigerante está más frío que el aire caliente, el refrigerante absorbe calor del aire.

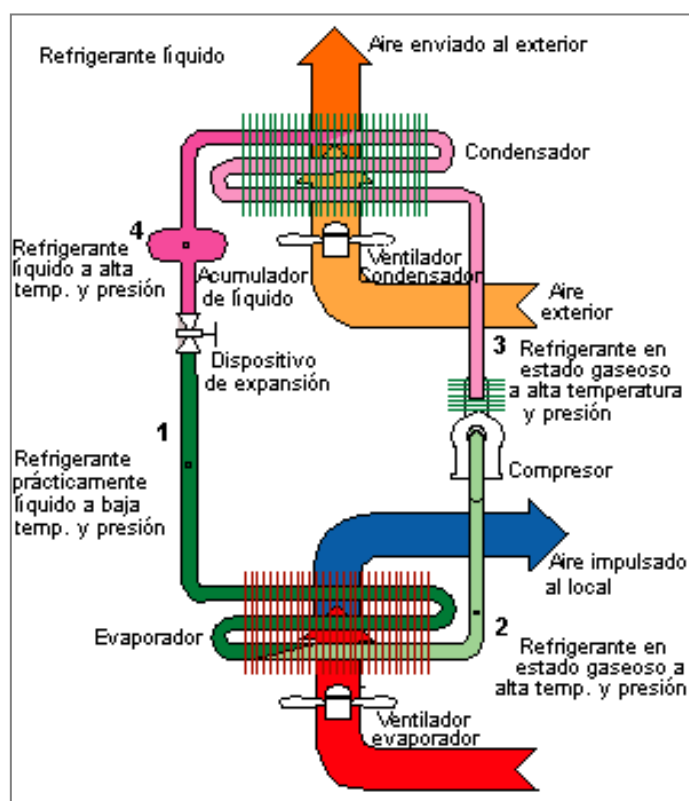


Figura 37. Esquema funcionamiento aire acondicionado.

El refrigerante es expulsado fuera, al condensador. Cuando el refrigerante caliente está en el condensador, es comprimido por el compresor; la compresión del refrigerante hace que éste hierva. El refrigerante al hervir, desprende el calor que ha absorbido dentro del edificio. Entonces atraviesa la bobina dentro del condensador donde se enfría de nuevo y está listo para volver dentro y absorber más calor del interior de la casa.

Mientras este proceso está funcionando, la temperatura y la humedad relativa dentro de las oficinas bajan. El nivel de humedad relativa baja porque el aire más frío no puede contener tanto vapor. Según se va enfriando el aire, éste cede algo de vapor y queda acumulado en la base del intercambiador del

evaporador y es entonces cuando se va. Debido a este fenómeno de condensación en el evaporador, la localización más correcta es en el baño para así aprovechar el desagüe de este y evitar complicados sistemas de tuberías para su posterior drenaje.

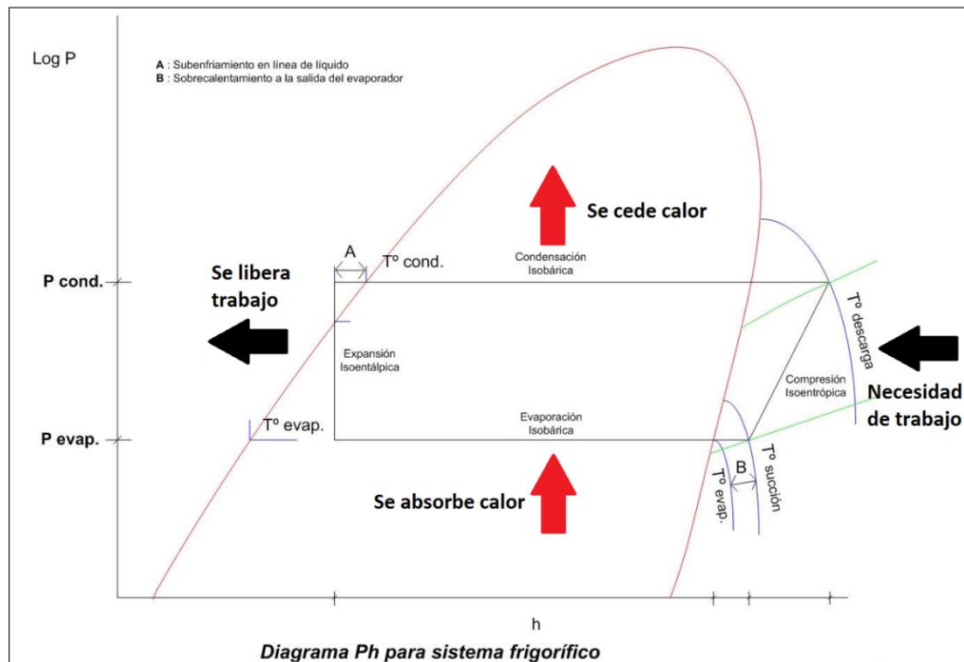


Figura 38. Diagrama P-H del ciclo del sistema.

En resumen, la unidad interior (evaporadora) es la que absorbe el exceso de calor de la habitación y hace circular el aire frío por la misma, y la unidad exterior también llamada condensador, es a través de la cual se elimina el exceso de calor absorbido, hacia el exterior. Estas dos unidades están conectadas entre sí por tuberías de cobre para que el refrigerante pueda circular por ellos y transferir el calor absorbido en la evaporadora y cederlo en el condensador.

## 4.2. Partes de la instalación de aire acondicionado

### 4.2.1. Compresor

El compresor tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración: succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio enfriante disponible para la condensación del vapor refrigerante.

Existen tres tipos básicos de compresores: Reciprocantes, rotativos y centrífugos



Los compresores centrífugos son utilizados en su mayoría en grandes sistemas centrales de acondicionamiento de aire y los compresores rotativos se utilizan en el campo de los refrigeradores domésticos. Sin embargo, la mayoría de compresores utilizados para aplicaciones comerciales, domésticas e industriales son reciprocantes o compresores tipo Scroll.

El diseño de este tipo de compresores está formado por un pistón accionado por un cigüeñal que realiza carreras alternas de succión y compresión en un cilindro provisto con válvulas de succión y descarga. Debido a que el compresor reciprocante es una bomba de desplazamiento positivo, resulta apropiado para volúmenes de desplazamiento reducido, y muy eficaz a presiones de condensación elevada y altas relaciones de compresión.

#### **4.2.2. Condensador**

Desde el compresor, el vapor de refrigerante caliente pasa al condensador. Aquí, el vapor de refrigerante caliente a alta presión es enfriado por el aire que es soplado sobre las bobinas de condensación con aletas por el ventilador del condensador, a medida que se desliza por las bobinas con aletas. A medida que el refrigerante se "enfía", cambia de estado de vapor caliente a líquido caliente a alta presión y pasa a la válvula de expansión. El compresor, la bobina del condensador y el ventilador del condensador están situados en esa gran caja ruidosa que está en el patio trasero, a menudo llamada unidad de condensación

#### **4.2.3. Válvula de Expansión**

Las válvulas de expansión termostáticas sirven para regular la inyección de refrigerante líquido a los evaporadores. Esta inyección de refrigerante estará siempre regulada por un elemento termostático que está situado en la parte superior de la válvula de expansión la cual es controlada en función del recalentamiento del refrigerante.

El elemento termostático está equipado con una marca realizada a láser en la parte superior de la membrana. El código indica el refrigerante para el que está diseñada la válvula:

L = R410A (nuestro caso)

N = R134a

S = R404A/ R507

X = R22

Z = R407C

#### **4.2.4. Evaporador**

Es un dispositivo que actúa como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al abandonar el evaporador lo hace con

una energía interna notablemente superior debido al aumento de su entalpía, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

El flujo de refrigerante en estado líquido es controlado por un dispositivo o válvula de expansión la cual genera una abrupta caída de presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula despiden una fina mezcla de líquido y vapor a baja presión y temperatura. Debido a las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, esta caída de presión está asociada a un cambio de estado y, lo que es más importante aún, al descenso en la temperatura del mismo.

De esta manera, el evaporador absorbe el calor sensible del medio a refrigerar transformándolo en calor latente el cual queda incorporado al refrigerante en estado de vapor.

#### **4.2.5. Conductos**

Son recintos cerrados por los que el aire, previamente impulsado por el evaporador, recorre el recinto por el falso techo y va desalojando aire de manera controlada por las diferentes oficinas.

Se trata de conductos realizados a partir de planchas de chapa metálica las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire, también los hay de otros materiales como fibra de vidrio o materiales sintéticos para evitar las pérdidas. En el caso de los conductos de chapa, puesto que el metal es un conductor térmico, los conductos deben aislarse térmicamente. Habitualmente, el material empleado consiste en mantas de lana de vidrio para colocar en el lado exterior o interior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor. También pueden colocarse, en el interior del conducto, planchas de polímeros elastoméricos ya que el revestimiento de lana de vidrio no se usa por ser potencialmente cancerígenos y se desprenden con facilidad.

#### **4.2.6. Tubos de cobre**

Son los encargados de distribuir el refrigerante por la instalación, produciéndose en ellos los cambios de estado del propio refrigerante para facilitar el traspaso de calor de un medio a otro. Este circuito es impulsado por el compresor.

Se usan los tubos de cobre porque su fricción es menor, minimizando las pérdidas de cargas. Se suele aislar térmicamente la línea de gas (retorno).

#### **4.2.7. Recuperadores entálpicos**

Al tener un flujo de aire de renovación bajo, no será necesario tener recuperadores entálpicos a menos que queramos deshumidificar mucho que no es nuestro caso.

#### 4.2.8. Ventilador exterior

Para favorecer el funcionamiento y conservar la sobrepresión en las oficinas, es necesario impulsar aire del exterior para hacer frente a la demanda de aire de renovación de nuestro sistema. Utilizaremos para ello un ventilador de sobrepresión para que se produzca la entra del aire al plenum.



Figura 39. Ventilación de sobrepresión.

Para la filtración del aire del exterior al plenum será necesario una calidad de aire apropiada y esto se consigue mediante filtros y pre filtros.

Los filtros y pre filtros a emplear dependen de la calidad del aire interior requerida y de la calidad del aire exterior del edificio.

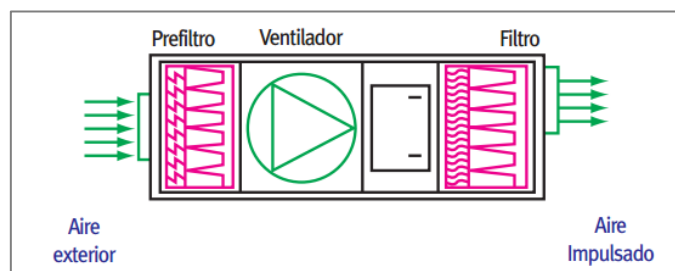


Figura 40. Ventilador exterior con filtro y pre-filtro.

En la imagen podemos observar que justo en la entrada al ventilador se encuentra el pre filtro que absorberá las partículas suspendidas en el aire mientras que el filtro se encuentra después del ventilador debido a que la impulsión del aire desde el exterior se hace al plenum y no directamente al evaporador.

#### 4.2.9. Filtros

Para poder proporcionar un aire según las necesidades del proceso se debe contar con un equipo capaz de mantener fuera del sistema las impurezas de polvo, suciedad, humo, sólidos en suspensión en el aire etc.: Estos elementos son los llamados filtros. Estos necesitan un mantenimiento programado según sea su ambiente, ya que con el tiempo se van saturando de impurezas y van disminuyendo su eficiencia permitiendo el paso de partículas perjudiciales a medio plazo en nuestro sistema de climatización.

#### **4.2.10. Refrigerante**

El refrigerante es producto químico especial utilizado para llevar el calor del interior del edificio mediante el evaporador hasta cederlo por el condensador a través de un sistema de tuberías de cobre. Cambia de estado de vapor de gas a líquido a medida que recoge el calor del edificio y lo saca al exterior. El refrigerante es especial, ya que tiene un punto de ebullición muy bajo, lo que quiere decir que cambia de líquido a vapor a bajas temperaturas.

Podríamos definir a la refrigeración en general como el proceso desarrollado en forma controlada tendiente a disminuir la temperatura de un cuerpo o espacio determinado, transfiriendo parte del calor hacia un cuerpo o espacio donde no origine efectos negativos. Las aplicaciones de la refrigeración son múltiples, las más importantes son la conservación de alimentos y el acondicionamiento de aire. Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado funcionan en base a 3 principios básicos que responden a leyes de la física que gobiernan la relación entre líquidos y gases y determinan que ocurre en los cambios de fase. El pasaje de líquido a gas se denomina evaporación y el pasaje de gas a líquido se conoce como condensación. Ahora veremos los 3 principios fundamentales que mencionamos:

Cuando un líquido se evapora absorbe el calor requerido para la evaporación, por lo tanto un objeto o ambiente en contacto con el líquido que se está evaporando cede calor y reduce su temperatura. A la inversa ocurre al quitar temperatura de un gas este se condensa y pasa al estado líquido

La mayor evaporación y por lo tanto el mayor efecto de enfriamiento se produce cuando el líquido hierve.

La temperatura a la cual un líquido hierve depende de la presión actuante sobre el líquido. Los sistemas de refrigeración se basan como dijimos en estos 3 principios. Es decir en la evaporación de un fluido en el lugar donde se requiere enfriar y una vez evaporado el fluido es transportado a otro sitio para ser condensado es decir vuelto nuevamente al estado líquido liberando calor en un ciclo continuo. Este ciclo puede tener lugar en un espacio confinado, como por ejemplo un refrigerador domestico donde el fluido recorre solo pequeñas distancias o bien como ocurre en grandes sistemas de aire acondicionado donde las distancias a recorrer son a veces muy extensas. No obstante y sin importar la separación que haya entre evaporador y condensador los fundamentos de la operación siempre son los mismos y se basan en los 3 principios mencionados. El fluido usado en este proceso es el refrigerante.

##### **4.2.10.1. Composición**

El HFC 410A es una mezcla binaria de HFC 32 y HFC 125 (50%-50%) originalmente diseñada como reemplazo de HCFC22.

#### **4.2.10.2. Ventajas**

No tiene potencial de destrucción del ozono (ODP); es una mezcla casi azeotrópica y esta es su mayor ventaja.

Está clasificado como A1 por ASHRAE (baja toxicidad y no inflamable).

Es compatible con la mayoría de los materiales usados en los sistemas de HCFC22, no obstante la compatibilidad con los elastómeros debe ser cuidadosamente evaluada.

La mayor capacidad del HFC410A comparada con la del HCFC22 permite el uso de componentes de menor tamaño más compactos. No obstante todos los componentes del sistema deben ser adecuados para la presión de descarga del HFC410A que es mayor que la del HCFC22.

Los equipos de HCFC410A han demostrado tener mayor eficiencia energética que los de HFC22 debido mayormente a mejoramiento en el diseño y desarrollo de los nuevos equipos.

Es un blend disponible y ya utilizado por varios años por los mayores fabricantes de los nuevos equipos de aire acondicionado.

Sus componentes y compresores están disponibles en el mercado.

El HFC410A ha sido seleccionado como refrigerante alternativo por varios de los mayores fabricantes de aire acondicionado en diversos países y ha ganado popularidad en los recientes años y en Europa ha ido desplazando al HFC407C que había sido elegido como alternativo.

Se espera que este refrigerante siga estando disponible también en el mediano y largo plazo.

#### **4.2.10.3. Desventajas**

La presión de descarga es aproximadamente 50 a 70% mayor que la del HCFC22. Esto debe ser tenido en cuenta al diseñar los componentes, en la fabricación, instalación y servicio de los equipos.

El HFC 410A utilizara lubricantes POE y no aceites minerales. Solo partes diseñadas para HFC410A deben ser utilizadas, un compresor diseñado para R22 no puede ser utilizado.

Actualmente los costos de los componentes de un sistema de HFC410A son superiores a los de los componentes de los sistemas de R22 tradicionales. Todo mejoramiento en el diseño lleva asociados mayores costos que no obstante irán disminuyendo con el tiempo y a medida que el uso de los equipos de HFC410A se generalice.

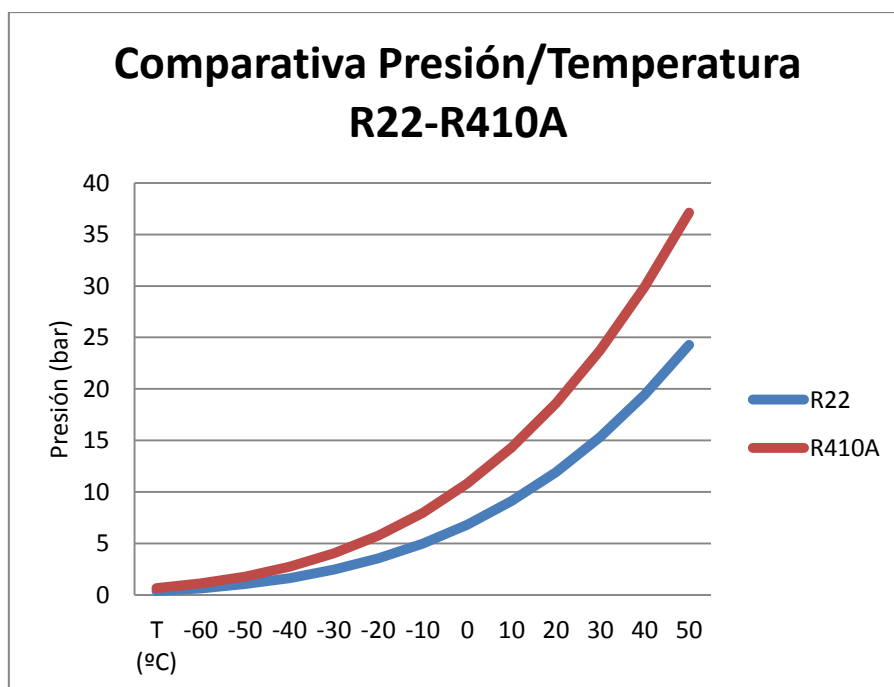
No debe ser usado mezclado con aire presurizado para el testeo de pérdidas. Dependiendo de la temperatura, presión y proporción de oxígeno en la mezcla puede resultar combustible

#### 4.2.10.4. Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	R410A
<b>Mezcla binaria</b>	<b>R32 / R125</b>
Composición (%)	50 / 50
Peso molecular (Kg/Kmol)	72.6
Temperatura ebullición (°C)	52.7
Deslizamiento temperatura (Glide) (°C)	0.5
Temperatura crítica (°C)	72.5
Presión crítica (bar)	49.5
Densidad del líquido (25°C) (Kg/l)	1.07
Densidad del líquido (-25°C) (Kg/l)	1.27
Densidad del vapor (kg/m³)	4.2
Presión del vapor (25°C) (bar)	16.5
Presión del vapor (-25°C) (bar)	3.34
Calor de vaporización (KJ/Kg)	257
Capacidad calor del líquido (25°C) (KJ/Kg K)	1.71
Capacidad calor del vapor (25°C) (KJ/Kg K)	1.28
Conductibilidad térmica del líquido (25°C) (W/mK)	0.091
Conductibilidad térmica del vapor (25°C) (W/mK)	0.013
Solubilidad con el agua (25°C) ppm	2500
Límite de inflamabilidad (% vol.)	Ninguno
Toxicidad (AEL) ppm	1000
ODP	0

Tabla 39.Propiedades físicas refrigerante R410A.

#### 4.2.10.5. Comparativa R22 con R410A



Gráfica 5.Comparativa presión/temperatura R22-R410A.

En el apartado 7 se detallan las propiedades y las ventajas y desventajas del refrigerante R410A que es el que utilizaremos en nuestro sistema de aire acondicionado.

#### 4.3. Mantenimiento

La limpieza y desinfección de los conductos de aire acondicionado del polvo y las partículas nocivas que se acumulan en ellos es fundamental para mantener una instalación de aire acondicionado sana y evitar el llamado síndrome del edificio enfermo (Sick Building Syndrome (SBS)). Este síndrome es un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados.

#### 4.4. Aire acondicionado por conducto con renovación plenum

Las unidades de **aire acondicionado** por conductos se suelen ocultar por completo (típicamente en un hueco del techo (falso techo)) y el aire frío circulado a través de los conductos impulsado por los evaporadores. Mediante las rejillas de impulsión, montadas en las paredes o el techo, el aire entra en las oficinas climatizando nuestro volumen de diseño. En el modo de enfriamiento, similar a otras formas de aire acondicionado, una unidad interior enfría, deshumidifica y purifica el aire, antes de soplarlo de vuelta a la habitación y el calor es llevado a una unidad condensador exterior, donde se disipa.

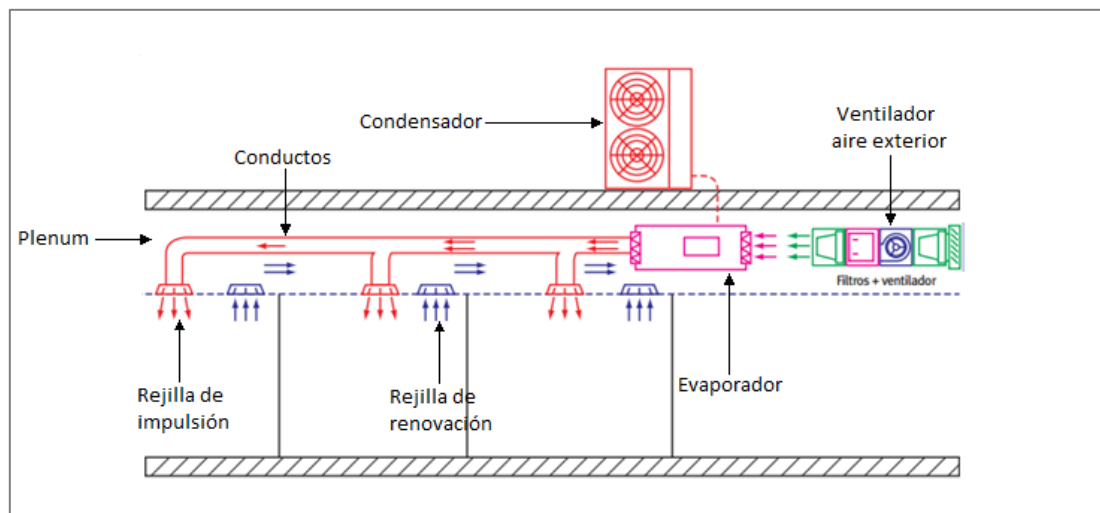


Figura 41. Esquema explicativo renovación por plenum.

La renovación de estos sistemas de aire acondicionado se realiza mediante plenum, es decir, se aprovecha el falso techo de la edificación para recircular el aire, a través de las rejillas de renovación o retorno hasta volver a llegar al evaporador donde comenzara el ciclo. En España se admite siempre y cuando los materiales que constituyen el falso techo sean aceptables para conducir aire y el sellado sea adecuado.



En edificios de grandes magnitudes como es nuestro caso, es necesario forzar el aire del exterior al plenum para que el volumen de renovaciones por hora sea el correcto y de este modo nos garantice un aire más puro con una instalación menos costosa frente a la renovación por conducto

#### **4.4.1. Ventajas**

La principal ventaja es el espacio. Un aire acondicionado por conductos consta de dos equipos. La unidad interior y la unidad exterior, por lo que ganaremos en estética ya que no es necesario tener una máquina en cada habitación de la casa. Además teniendo una renovación de aire por plenum nos ahorramos el circuito de conductos de retorno.

Otra ventaja es la estética, ya que no se ven las unidades interiores colgadas en la pared ni suelo, en su lugar solo habría 2 tipos de rejillas en cada oficina, una de impulsión y otra de retorno de aire.

El ahorro energético también es una ventaja considerable, ya que para enfriar o calentar nuestra casa tan solo tenemos un aparato funcionando y no uno para cada habitación, como suele ser el caso de los Split de pared.

El mantenimiento es otro factor a tener en cuenta, ya que al tratarse de un equipo para toda la vivienda este nos será mucho más barato de realizar y rápido, por lo que estaremos ahorrando en este aspecto.

A largo plazo hace ahorrar mucho dinero porque el consumo es menor que los tradicionales. Este sistema monitorea la temperatura en cada habitación y mantiene el lugar con el frío exacto. Por otro lado, se pueden anular las salidas de sitios que no están ocupados en ese momento. De esta manera, el termostato no funciona en esa área y el coste de funcionamiento será menor.

#### **4.4.2. Inconvenientes**

El inconveniente principal viene cuando hay una avería en el aparato. Si se rompe o estropea cualquier pieza, al tratarse de un equipo para toda la planta de oficinas, nos quedaremos sin aire acondicionado hasta que sea reparado. Así que es conveniente hacerle un mantenimiento anual para evitar posibles averías.

No es aconsejable climatizar el baño ni la cocina ya que de este modo repartiremos los olores por toda la casa debido al retorno de aire.

El aire acondicionado por conductos, al tratarse de un sistema de aire centralizado, reparte el aire a la misma temperatura para todas las habitaciones, lo que supone un problema si uno de los miembros de la familia quiere subir o bajar la temperatura en la habitación que se encuentre. Para poder hacerlo es necesario instalar un termostato adicional en cada habitación y conectarlo a la rejilla, que en este caso tiene que ser motorizada para abrirse

y cerrarse cada vez que el termostato le de la orden, así podremos tener una temperatura diferente en cada habitación. Otra solución sería instalar el sistema Airzone, pero todo esto supone un gasto extra en la instalación de nuestro aire acondicionado por conductos.

Los sistemas de aire acondicionado por conductos son generalmente menos flexibles que otras formas de aire acondicionado y pueden ser costosos de instalar, así como de ejecutar, especialmente si no se dividen en zonas. El costo total de un sistema de aire acondicionado por conductos, obviamente, depende del tamaño de tu hogar y el número de habitaciones que requieren del aire acondicionado, pero la instalación suele ser más cara y problemática que la de otros sistemas de aire acondicionado. Ocasionalmente, puede no ser posible la instalación de conductos en el techo y, donde se puede, el espacio disponible en el techo disminuye.

#### 4.5. Denominación de los diferentes tipos de aire

Es necesario definir los diferentes tipos de aire que interviene en los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire. En la siguiente tabla podemos observar los diferentes tipos de aire que nos podemos encontrar en una instalación con sus acrónimos adaptados al español.

Nombre	Abreviaturas		Definición
	Español	Inglés	
Aire exterior	EXT	ODA	Aire que entra en el sistema desde el exterior
Aire de impulsión	IMP	SUP	Aire que entra en el recinto tratado
Aire interior	INT	IDA	Aire en el recinto o zona tratada
Aire transferido	TRA	TRA	Aire interior que pasa de un recinto a otro
Aire extraído	EXR	ETA	Aire que sale del recinto tratado
Aire recirculado	REC	RCA	Aire extraído que vuelve al sistema de tratamiento
Aire descargado	DES	EHA	Aire descargado a la atmósfera
Aire secundario	SEC	SEC	Aire tomado de un recinto y retornado al mismo
Aire de fuga	FUG	LEA	Aire que pasa a través de las juntas del sistema
Aire infiltrado	INF	INF	Aire que entra del exterior dentro el edificio
Aire exfiltrado	EXF	EXF	Aire que sale del edificio hacia el exterior
Aire de mezcla	MEZ	MIA	Aire formado por dos o más flujos de aire

Figura 42. Abreviaturas de los distintos tipos de aire Español/Inglés.



de oficinas necesitaremos un ODA 1, aire puro que puede contener partículas sólidas (por ejemplo de polen) de forma temporal.

#### 4.5.5. Filtración de aire

La filtración de aire debe cumplir los requisitos del aire interior en el edificio, tomando en consideración la calidad del aire interior IDA y la del aire exterior ODA. Con ayuda de la siguiente tabla podremos saber el filtro final a instalar en nuestro equipo.

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9	F6/GF/F9	F6/F7	G4/F6

Figura 44.RITE: Obtención filtro en función de IDA y ODA.

#### 4.5.6. Aire de extracción ETA

El aire de extracción procedente del interior del edificio se clasifica en función del uso de los locales o dependencias del edificio del cual provienen. Hay cuatro categorías de las cuales nosotros estamos en AE 1, se corresponde con un aire extraído que tiene un bajo nivel de contaminación, es el único que puede ser retornado al recinto.

En general el caudal de aire de los edificios es como mínimo de 2 dm<sup>3</sup>/(s\*m<sup>2</sup>).

#### 4.5.7. Velocidad media del aire permitida en el interior

Para mantener unas condiciones mínimas de confort en los lugares ocupados, la velocidad del aire interior debe mantenerse por debajo de unos niveles, que dependerán de factores como la actividad que desarrollen las personas en el local e incluso del aire interior.

Para el valor de la temperatura interna de nuestro proyecto 24°C se puede emplear la siguiente expresión que proporciona la velocidad media del aire máxima permitida que asegura unas condiciones de confort:

$$V = \frac{T}{100} - 0.07 = \frac{24}{100} - 0.07 = 0.17 \frac{m}{s}$$

Ecuación 17.Velocidad media del aire permitida en el interior.

$V$ : Velocidad media del aire permitido en el interior

$T$ : Temperatura en el interior del edificio

## 5. EQUIPO SELECCIONADO

A partir del cálculo de cargas total seleccionaremos la máquina comercial más próxima a la carga máxima simultánea obtenida en cada planta.

Oficinas	Potencia máxima M,T y V(W)	Calor equipos sensible (W)	Calor personas L y S (W)	Iluminación (W)	Calor renovaciones L y S (W)	TOTAL POTENCIA (W)
1,2,3,6,7,8	1086,18	1100	1240	1258,2	7,434	4691,8
21,22,23,26,27,28	2623,11	1100	1240	1258,2	7,434	6228,7
11,12,13,16,17,18	1493,42	1100	1240	1258,2	7,434	5099
31,32,33,36,37,38	3030,35	1100	1240	1258,2	7,434	6636
4	1894,28	1210	1364	1298,9	8,92	5776,1
24	3480,91	1210	1364	1298,9	8,92	7362,7
5	676,08	1210	1364	1298,9	8,92	4557,9
25	2262,7	1210	1364	1298,9	8,92	6144,5
9	2302,53	1100	4216	1737,2	17,098	9372,9
29	4424,63	1100	4216	1737,2	17,098	11495
10	2836,73	1100	1736	1737,2	10,407	7420,4
30	4958,83	1100	1736	1737,2	10,407	9542,5
14,15	2402,42	990	4216	1893,1	20,814	9522,4
19	2035,91	1100	1736	1737,2	10,407	6619,6
39	4158,01	1100	1736	1737,2	10,407	8741,7
20	770,65	1100	4216	1737,2	17,098	7841
40	2892,75	1100	4216	1737,2	17,098	9963,1
34	3499,65	1210	1364	1298,9	8,177	7380,7
35	4102,39	1210	1364	1298,9	8,177	7983,4

Tabla 40.Carga máxima simultanea por cada oficina.

Además, se tendrá en consideración la conveniencia de que las máquinas sean iguales para un mantenimiento regular de la instalación y de sobredimensionar las máquinas para que se alcancen las condiciones de confort rápidamente en el caso común de que las oficinas estén ocupadas a primera hora de la mañana.

El equipo escogido para nuestro proyecto es el evaporadores PEZ-400YKA/ PEZ-500YKA y los condensadores PUHZ-RP200YKA/PUHZ-RP250YKA, es necesario el uso de dos condensadores por cada evaporador

ya que tenemos una gran transferencia de calor que tendremos que ceder del refrigerante al exterior. Este equipo cuenta con una potencia nominal frigorífica de 38000W y 44000W. El fabricante de dicho equipo lo mantendremos en anonimato ya que es un dato sin importancia.



Figura 45. Conjunto evaporador y condensador.

Estos equipos tienen un conjunto de mejoras tecnológicas y son altamente eficientes gracias al ahorro energético que ofrece.

La elevada potencia permite trabajar en condiciones perfectas hasta 100m de distancia y 75 metros de altura, más que suficiente para nuestro ejercicio, facilitando al máximo la ubicación de las unidades exteriores, cubriendo con ello todas las necesidades de uso administrativo.

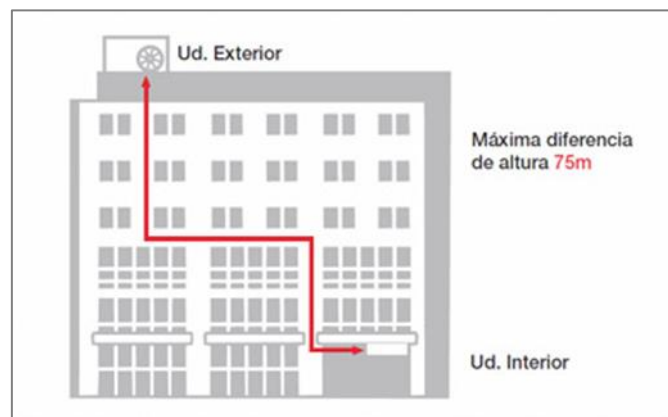


Figura 46. Diferencia de altura máxima entre evaporador y condensador

El refrigerante utilizado es el R410A que, como veremos en el apartado “Refrigerante” comprobaremos que tiene unos rendimientos más eficientes y componentes inofensivos para la capa de ozono respetando el Medio Ambiente.

Este sistema permite restablecerse la alimentación eléctrica después de un fallo eléctrico de forma automática.



También posee un modo denominado “Silent operation mode” que permite reducir en 3dB el nivel sonoro de la unidad exterior. Otra característica por la cual hemos elegido este sistema de aire acondicionado, a parte de su alta potencia y su precio ajustado, es la posibilidad de integrar un recuperador entálpico para aportación de aire exterior al plenum.

## 5.1. Especificaciones

Utilizaremos un conjunto evaporador más condensador de la serie PEZ compuesto por evaporadores gama PEA-RP400GA y PEA-RP500GA, y los condensadores de la gama PUAH-RP200YKA y PUAH-RP250YKA.

### 5.1.1. Evaporador

Usaremos evaporadoras de 38KW y 44 KW en función de las necesidades climáticas de cada zona a climatizar. Los evaporadores irán ubicados en el falso techo unidas al sistema de conductos. Las especificaciones de las evaporadoras son las siguientes:

UNIDAD INTERIOR		PEA-RP400GA	PEA-RP500GA
Caudal de aire	m <sup>3</sup> /min	120	160
Presión estática	Pa	150	150
Nivel sonoro <sup>(1)</sup>	dB (A)	52	53
Dimensiones <sup>(2)</sup>	mm	1.947 / 764 / 595	1.947 / 764 / 595
Peso	Kg	130	133

Figura 47.Especificaciones del evaporador.

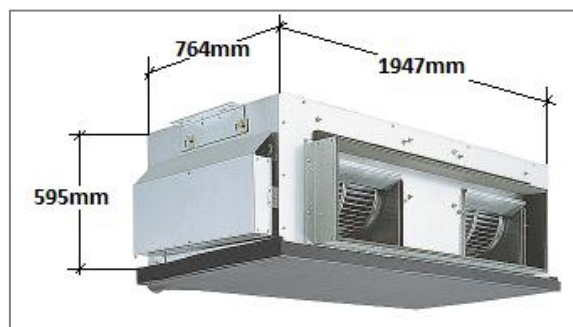


Figura 48.Medidas del evaporador PEA-RP400GA y PEA RP500GA.

### 5.1.2. Condensador

Usaremos los condensadores de la marca PUAH-RP200YKA y PUAH-RP250YKA en función de la evaporadora que necesitemos en cada zona de trabajo. Necesitaremos dos condensadores por cada evaporador debido a la potencia de estos:

MODELO UNIDAD EXTERIOR			PUHZ-RP200YKA*	PUHZ-RP250YKA*
Refrigeración A35°/W18°	Capacidad Nominal	kW	19,0	25,0
	Consumo Nominal	kW	5,02	8,07
	COP		3,73	3,39
	Caudal Nominal	L/min	54,5	64,2
	Temperatura Mínima salida de agua	°C	5	5
Dimensiones	Diámetro tuberías (líquido/gas)	mm	9,52 / 25,4	12,7 / 25,4
	Long. Máx. Tubería (vertical/total)	m	30/120	30/120
	Alto x Ancho x Fondo	mm	1.338 x 1.050 x 330+30	1.338 x 1.050 x 330+30

Figura 49.Especificaciones del condensador.

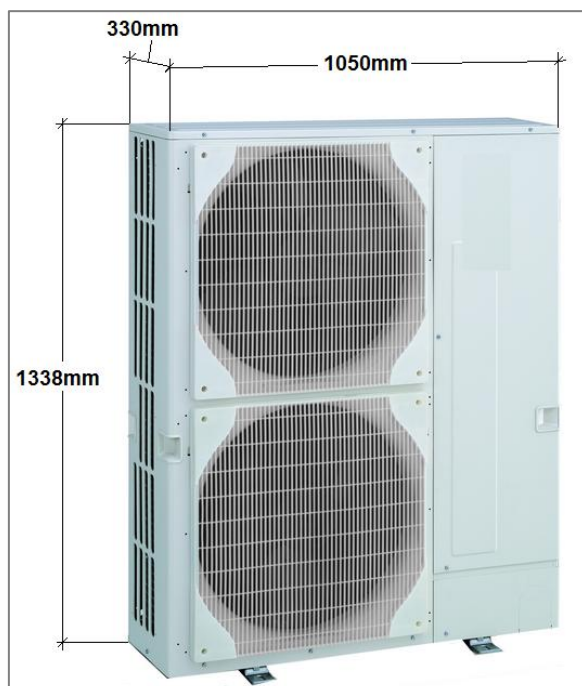


Figura 50.Medidas del condensador PUHZ-RP200YKA y PUHZ-RP250YKA.

### 5.1.3.Conjunto

Para ahorrar en la presupuestación del sistema de aire acondicionado y tener una oferta mas atractiva, adquiriremos los dispositivos condensador + evaporador en un kit denominadao PEZ-400YKA y PEZ-500YKA.

MODELO	PEZ-400YKA	PEZ-500YKA
UNIDAD EXTERIOR	PUHZ-RP200YKA x 2	PUHZ-RP250YKA x 2
<b>Función</b>	<b>FRÍO</b>	<b>CALOR</b>
<b>Capacidad</b> kW	38,0 (18.0-44.8)	44,8 (18.0-50.0)
kCal/h	32.680	38.528
<b>Consumo Total</b> kW	12,95	12,55
<b>Coefficiente Eficacia Energética</b>	2,93	3,56
<b>Caudal de aire</b> m³/min	140	140
<b>Nivel sonoro</b> <sup>(4)</sup> dB (A)	58 (55)	59
<b>Dimensiones</b> <sup>(2)</sup> mm	1.050 / 330+30 / 1.338 x 2	1050 / 330+30 / 1338 x 2
<b>Peso</b> Kg	135 x 2	141 x 2
<b>Conexión Frigorífica</b> Líquido mm	9,52 (3/8") x 2	12,7 (1/2") x 2
Gas mm	25,4 (1") x 2	25,4 (1") x 2
<b>Distancias Frigoríficas (Máxima Vertical / Total)</b> <sup>(3)</sup> m	30/120	30/120
<b>Condiciones límite de trabajo</b>	-5/+46	-20/+21
<b>UNIDAD INTERIOR</b>	<b>PEA-RP400GA</b>	<b>PEA-RP500GA</b>
<b>Caudal de aire</b> m³/min	120	160
<b>Presión estática</b> Pa	150	150
<b>Nivel sonoro</b> <sup>(1)</sup> dB (A)	52	53
<b>Dimensiones</b> <sup>(2)</sup> mm	1.947 / 764 / 595	1.947 / 764 / 595
<b>Peso</b> Kg	130	133

Figura 51. Especificaciones Kit PEZ-400YKA y PEZ-500YKA.

#### 5.1.4. Distribución

Emplearemos 6 evaporadoras de 38 KW y 2 evaporadoras de 44Kw de capacidad y 16 condensadoras situadas en la parte superior.

La distribución agrupada de las oficinas en función de la potencia térmica que se solicita sería la siguiente:

##### 5.1.4.1. Planta baja

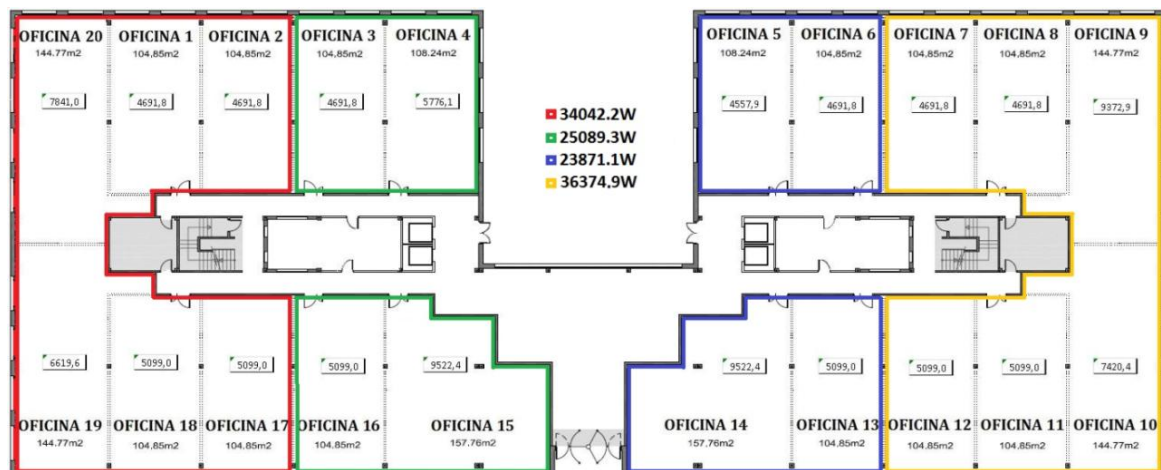


Figura 52. Distribución oficinas por potencias del evaporador. Planta baja.

Planta baja					
Oficinas	Cantidad de aire (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de aire evap. (m <sup>3</sup> /h)	Potencia total (W)	Equipo (W)	Unidad
1,2,17,18,19,20	3465	8400	34042,2	38000	PEZ-400YKA
3,4,15,16	2700	8400	25089,3	38000	PEZ-400YKA
5,6,13,14	2700	8400	23871	38000	PEZ-400YKA
7,8,9,10,11,12	3465	8400	36374,9	38000	PEZ-400YKA

Figura 53. Características de caudales y potencias en función de la distribución. Planta baja.

#### 5.1.4.1. Primera planta

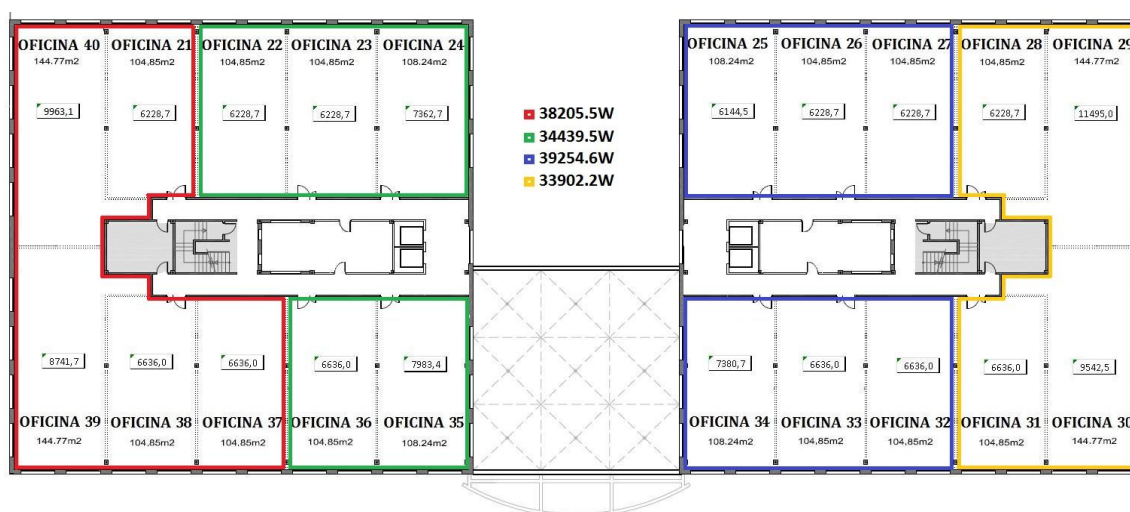


Figura 54. Distribución oficinas por potencias del evaporador. Primera planta.

Primera planta					
Oficinas	Cantidad de aire (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de aire evap. (m <sup>3</sup> /h)	Potencia total (W)	Equipo (W)	Unidad
21,37,38,39,40	3015	8400	38205,5	44000	PEZ-500YKA
22,23,24,35,36	2385	8400	34439,5	38000	PEZ-400YKA
25,26,27,32,33,34	2835	8400	39254,6	44000	PEZ-500YKA
28,29,30,31	2565	8400	33902,2	38000	PEZ-400YKA

Figura 55. Características de caudales y potencias en función de la distribución. Primera planta.

#### 5.1.5. Ventilador de aire exterior

Escogeremos cajas de ventilación centrifugas para la absorción de aire del exterior y meterlo en el interior para lograr que la aspiración de aire en el evaporador sea la correcta y necesaria para que el ciclo continúe. En este caso hemos escogido la serie CENTRIBOX ERP trifásica capaz de proporcionar un caudal de 1410m<sup>3</sup>/h al plenum.

Código	Artículo	Caudal m³/h
<b>ASPIRACIÓN E IMPULSIÓN RECTANGULAR</b>		
VE 23 101	CVB-180/180 72W ST	1.410
VE 23 102	CVB-240/180 122W ST	2.430
VE 23 103	CVB-240/240 122W ST	2.600
VE 23 104	CVB/4-240/240 370W ST	2.640
VE 23 105	CVB/4-240/240 550W ST	3.120
VE 23 106	CVB-270/200 250W ST	3.430
VE 23 107	CVB-270/200 370W ST	3.380
VE 23 108	CVB/4-270/200 370W ST	3.160
VE 23 109	CVB-270/270 250W ST	3.550
VE 23 110	CVB-270/270 370W ST	4.340
VE 23 111	CVB/4-270/270 550W ST	3.730
VE 23 112	CVB-320/240 550W ST	5.400
VE 23 113	CVB-320/320 550W ST	5.670
VE 23 114	CVT-320/240 1100W ST Trifásica	7.000
VE 23 115	CVT-320/320 1100W ST Trifásica	7.900

Figura 56. Especificaciones ventilador aire exterior.

## 6. SISTEMA DE CONDUCTOS

### 6.1. Definición y normativa

El sistema de conductos es una parte fundamental del circuito de aire acondicionado ya que es el encargado de llevar el aire a las distintas zonas a climatizar, evitando en la medida de lo posible pérdidas de carga y ruidos molestos o vibraciones.

El diseño se realizará teniendo en cuenta lo que dice la normativa:

ITE 02.9 Conductos y accesorios

ITE 02.9.1 Generalidades

ITE 02.9.2 Plenum

ITE 02.9.6 Unidades terminales

ITE 02.10 Aislamiento térmico

ITE 04.4 Conductos y accesorios

Para el cálculo de todo el entramado de conductos, hemos utilizado el método del “rozamiento constante”, limitando la velocidad a 7m/s para evitar problemas de ruidos. El entramado se usará para suministrar el caudal de ventilación necesario desde los evaporadores o impulsores de aire a las distintas zonas a climatizar. Para la renovación de aire, hemos diseñado un retorno por “plenum”, es decir, dejamos que el retorno del aire al evaporador se realice por el falso techo con un aporte extra de aire del exterior filtrado por un ventilador que coge aire del exterior. Con este modelo podremos abaratar costes debido a que no es necesario un sistema de conductos para el retorno de aire.

### 6.2. Conductos

Los conductos deben cumplir en materiales y fabricación, las normas UNE-EN 12237 para conductos metálicos.

El revestimiento interior de los conductos resistirá la acción agresiva de los productos de desinfección, y su superficie interior tendrá una resistencia mecánica que permita soportar los esfuerzos a los que estará sometida durante las operaciones de limpieza mecánica que establece la norma UNE 100012 sobre higienización de sistemas de climatización.

La velocidad y la presión máximas admitidas en los conductos serán las que vengan determinadas por el tipo de construcción.

Para el diseño de los soportes de los conductos se seguirán las instrucciones que dicte el fabricante, en función del material empleado, sus dimensiones y colocación.

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenum, ventilador externo, unidades terminales) se han realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.



La red de conductos se distribuirá de tal manera que satisfaga las cargas térmicas de los distintos recintos. Esta distribución se encuentra especificada en el anexo de planos de la instalación.

Cada evaporador irá anclada en el falso techo conectada directamente mediante tuberías de cobre al condensador que se encuentra en el exterior ubicado en el techo.

### 6.2.1. Material de los conductos

Los conductos serán de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor, con Clasificación de resistencia al fuego E600/120.

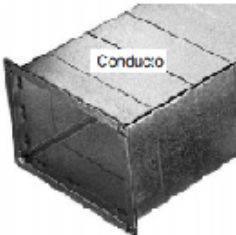
	Código	Artículo	€/m <sup>2</sup>
	UNIÓN METU		
	CA 09 021	Conducto rectangular 0,6 mm	38,94
	CA 09 022	Pieza conducto rectangular 0,6 mm	48,68
	CA 09 023	Conducto rectangular 0,8 mm	42,38
	CA 09 024	Pieza conducto rectangular 0,8 mm	62,99
	CA 09 025	Conducto rectangular 1 mm	47,94
	CA 09 028	Pieza conducto rectangular 1 mm	72,58

Figura 57. Tipo de conducto y precio.

La gran desventaja de los conductos de chapa galvanizada es que el propio material no tiene aislamiento por lo que debe recubrirse de alguna espuma o manta aislante. Se fabrica plegando bobinas de chapa de acero inoxidable. Pueden ser de sección rectangular o circular.



Figura 58. Conducto de chapa galvanizada.

### 6.2.2. Uniones entre conductos

Para realizar las diferentes uniones entre los distintos tipos de conductos (longitudinal, bifurcación, codo...etc.) usaremos una unión transversal fijados con una grapa metálica que refuerzan la unión entre los marcos o perfiles de cada conducto, asegurándonos una pérdida de carga mínima a lo largo del



sistema de conductos, y favoreciendo que los cálculos realizados sean los correctos para la climatización de oficinas.

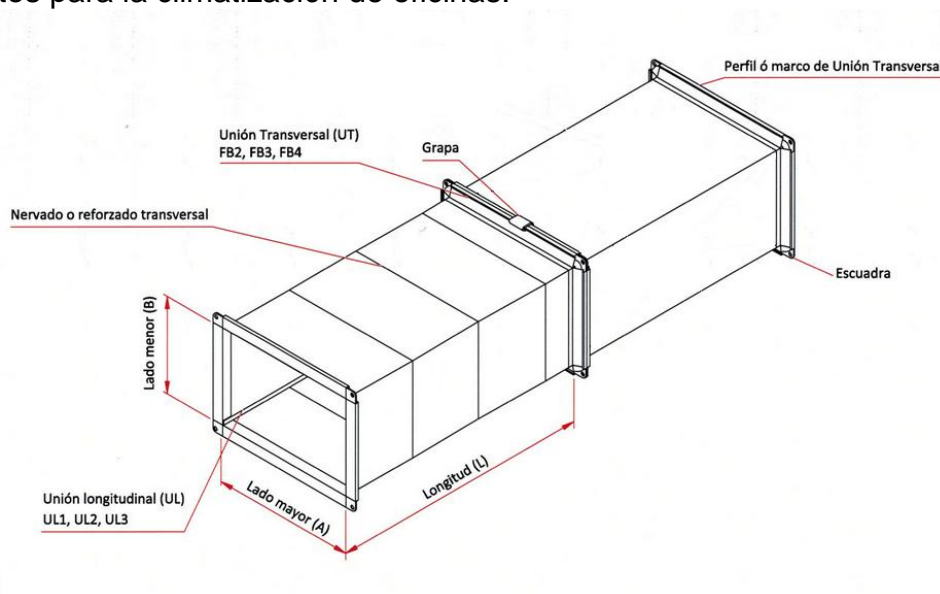


Figura 59.Uniones entre conductos.

### 6.2.3. Colocación de conductos

Los conductos irán colgados dentro del falso techo, anclados al forjado de la estructura mediante tornillos con tirafondos y varitas roscadas y colgadas con pletinas de 13x5mm para asegurar su colocación. Con esta estructura nos aseguraremos la absorción de posibles vibraciones que pueda ocasionar el sistema y un asentamiento más que suficiente para asegurar que nuestros conductos no se van a mover de su emplazamiento.

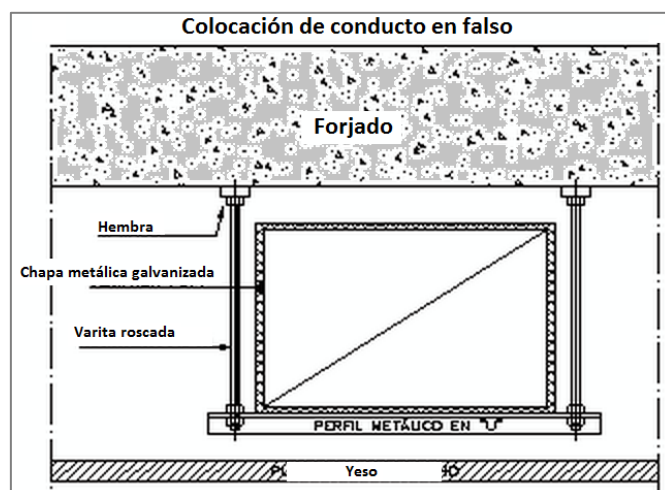


Figura 60.Colocación de conductos en falso techo.

### 6.2.4. Aislamiento térmico de redes de conductos.

Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no se a mayor

que el 4% de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.

Cuando la potencia térmica nominal a instalar de generación de frío sea menor o igual que 70 KW como es nuestro caso, son válidos los espesores mínimos de aislamiento para conductos y accesorios de la red de impulsión de aire de la siguiente tabla.

	En interiores (mm)	En exteriores (mm)
Aire frío	5	10

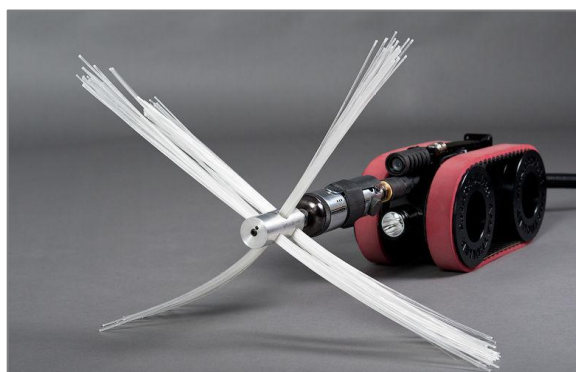
Tabla 41. Aislamiento térmico de redes de conductos.

Las redes de retorno se aislarán cuando discurren por el exterior del edificio y, en interiores, cuando el aire esté a temperatura menor que la de rocío del ambiente o cuando el conducto pase a través de locales no acondicionados.

Los conductos de tomas de aire exterior se aislarán con el nivel necesario para evitar la formación de condensaciones. Los componentes que vengan aislados de fábrica tendrán el nivel de aislamiento indicado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

#### 6.2.5. Mantenimiento de conductos

Existen modernos sistemas de limpieza de los conductos de aire acondicionado que generalmente aprovechan las entradas o salidas de los conductos del aire (rejillas, difusores, etc.) para introducir robots mecánicos con distintos sistemas de limpieza, como cepillos rotativos, aspiración y recogida de residuos, o limpieza por inyección de aire o agua.



También el condensador exterior se va ensuciando con el uso. Ha de limpiarse la bobina exterior, comprobarse el nivel de gas y el estado de los motores. Si no hacemos un mantenimiento periódico de nuestro aparato de aire acondicionado, el rendimiento será menor y el consumo de energía será mayor.

Un buen mantenimiento anual asegura una eficiencia elevada y una durabilidad de las redes de conductos más larga al igual que una mejora en la climatización de las oficinas.

### 6.3. Cálculo de conductos

Para calcular la sección de los conductos utilizaremos un software específico para estos diseños de conductos de chapa metálica. Necesitaremos dos tipos de conductos para unos caudales de impulsión del evaporador de 7200m<sup>3</sup>/h y 9600m<sup>3</sup>/h respectivamente.

Escogeremos en cualquier caso los ductos de sección cuadrada para el diseño de nuestra instalación.

La instalación correcta de un conducto de aire acondicionado es fundamental. Si no está instalado correctamente y los cálculos han sido erróneos afectará muy negativamente a la eficiencia de nuestro sistema. Por ejemplo, un conducto de un tamaño demasiado grande tendrá una velocidad del aire demasiado baja en su interior, esto provocará que el aire se esté demasiado tiempo en el interior del conducto, de manera que alterará la temperatura que se haya fijado de la descarga del aire. Si en cambio, realizamos mal los cálculos y hacemos que los conductos sean demasiado pequeños lo que conseguiremos será una velocidad que será demasiado alta. Esto provocará un aumento de presión estática y respiraderos de aire ruidosos. Un aumento de la presión estática comportará que el flujo de aire se reduzca mucho.

#### 6.3.1. Evaporador de 7200m<sup>3</sup>/h

The screenshot displays a software interface for duct design, organized into four main panels:

- Seleccionar Producto:** Shows a dropdown menu with 'Chapa Metalica Galv.' selected and a corresponding image of a duct installation. A 'Descargar Ficha de Producto' button is visible.
- Conversión de Caudales:** Features input fields for 'm<sup>3</sup>/h: 7200' and 'm<sup>3</sup>/s: 2'.
- Velocidad y Pérdida de Carga:** Includes a velocity gauge showing 6.9 m/s and a pressure loss scale. Below these are input fields for 'Longitud Conducto (m): 0' and 'Pérdida de Carga (Pa): 0'.
- Diámetro Equivalente:** Displays 'Diámetro Equivalente Conducto Circular (mm)' as 588.05 and 'Lado Conducto Cuadrado (mm)' as 538.3, each with a corresponding geometric diagram.
- Dimensiones interiores de los Conductos:** Shows a 3D diagram of a duct with dimensions 'a' and 'b'. It includes a 'Cálculo Inverso' checkbox and a table of recommended dimensions.

Dimensiones Aconsejadas por Isover (Criterio: ratio a/b NO mayor que 1/5)	
a x b (cm)	
53.83 x 53.83	
55.00 x 52.50	
57.50 x 50.50	
60.00 x 48.50	
62.50 x 46.50	
65.00 x 44.50	
67.50 x 43.00	

Below the table, 'Posibles Combinaciones' are listed with input fields for 'Lado a (cm): 53.83' and 'Lado b (cm): 53.83'.

Figura 61. Velocidad y tamaño de los conductos evaporadora 7200m<sup>3</sup>/h.

La medida que elegiremos para los conductos del evaporador de 7200m<sup>3</sup>/h serán de 65x44, 5 cm utilizando un conducto de adaptación entre el evaporador y el sistema de conductos.

### 6.3.2. Evaporador de 9600m<sup>3</sup>/h

**Selección de Producto**

Producto: Chapa Metalica Galv.

**Velocidad y Pérdida de Carga**

Velocidad (m/s): 7.42

Pérdida de Carga (Pa/m): 1

Longitud Conducto (m): 1.5

Pérdida de Carga (Pa): 1.5

**Diámetro Equivalente**

Diámetro Equivalente Conducto Circular (mm): 654.94

Lado Conducto Cuadrado (mm): 599.54

**Dimensiones interiores de los Conductos**

Cálculo Inverso: ☐

Dimensiones Aconsejadas por Isover (Criterio: ratio a/b NO mayor que 1/5)

a x b (cm)
59.95 x 59.95
60.00 x 60.00
62.50 x 57.50
65.00 x 55.50
67.50 x 53.50
70.00 x 51.50
72.50 x 49.50

Posibles Combinaciones

Lado a (cm): 59.95

Lado b (cm): 59.95

Figura 62.Velocidad y tamaño de los conductos evaporadora 9600m<sup>3</sup>/h.

La medida que elegiremos para los conductos del evaporador de 7200m<sup>3</sup>/h serán de 70x51, 5 cm utilizando un conducto de adaptación entre el evaporador y el sistema de conductos.

Como podemos observar, la velocidad del caudal de aire en el evaporador de 9600m<sup>3</sup>/h es ligeramente superior a 7 lo que nos puede producir ruidos y vibraciones que causen molestias, es preciso poner juntas anti vibraciones para este caso y aislante acústico.

Basándonos en la norma UNE 92315 en la que se define los criterios de medición de ductos, mediremos y cuantificaremos los trabajos térmicos de aislamiento térmico de los conductos.

Las superficies se miden siempre por la cara exterior del conducto. Aunque no esté recogido en esta norma, en ocasiones es habitual incluir un 10-15% de merma, ya que determinadas piezas como son los conductos de reducción del evaporador a los conductos, rejillas y piezas no estándar tienen mucho desperdicio.

## 6.4. Tipos de conductos

Aquí se definen las medidas a tener en cuenta de los diferentes tipos de tramo que utilizaremos en el diseño de nuestro sistema de conductos:

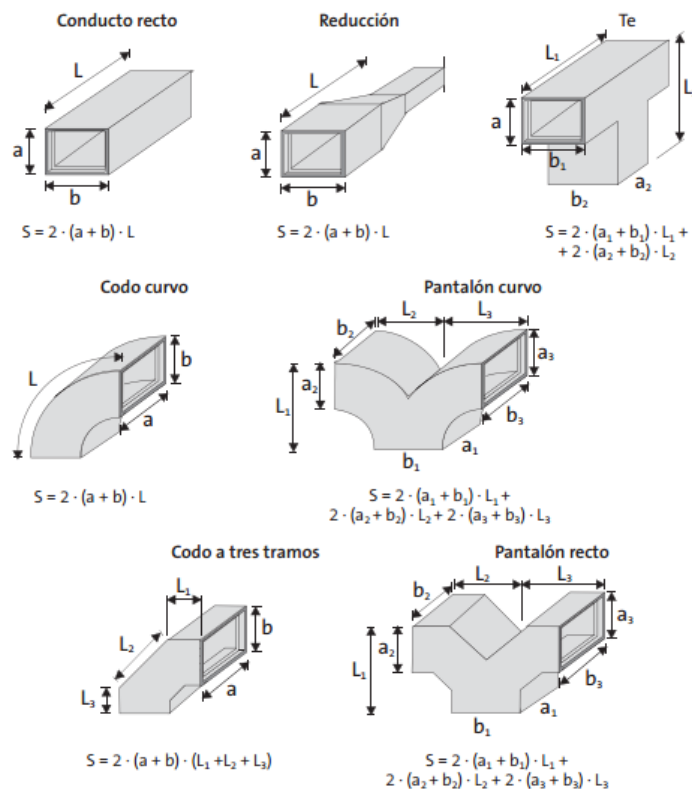


Figura 63. Tipos de conductos.

En industria nos encontraremos con más tipos de estándares para facilitar el entramado de ductos a lo largo de la edificación, como pueden ser los cambios de altura o las bifurcaciones.

### 6.4.1. Primera planta

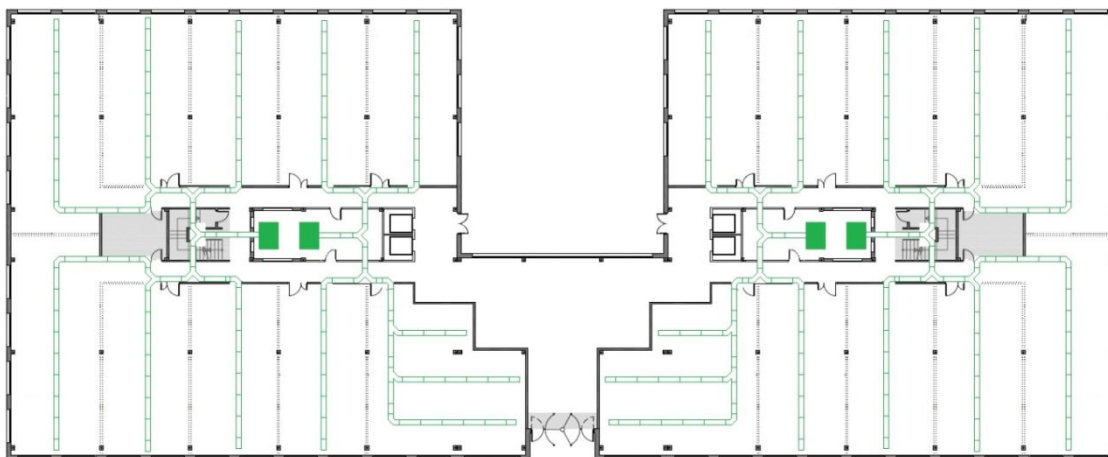


Figura 64. Distribución conductos planta baja.

Planta Baja	
Material	Cantidad
Conducto recto 1,5m (65x44,5cm)	230
Conducto recto 0,75m (65x44,5cm)	38
Conducto recto 0,375m (65x44,5cm)	2
Codo a tres tramos (65x44,5cm)	20
Pantalón recto (65x44,5cm)	16
Bifurcación en T (65x44,5cm)	4

Figura 65. Materiales construcción sistema de conductos planta baja.

#### 6.4.2. Segunda planta

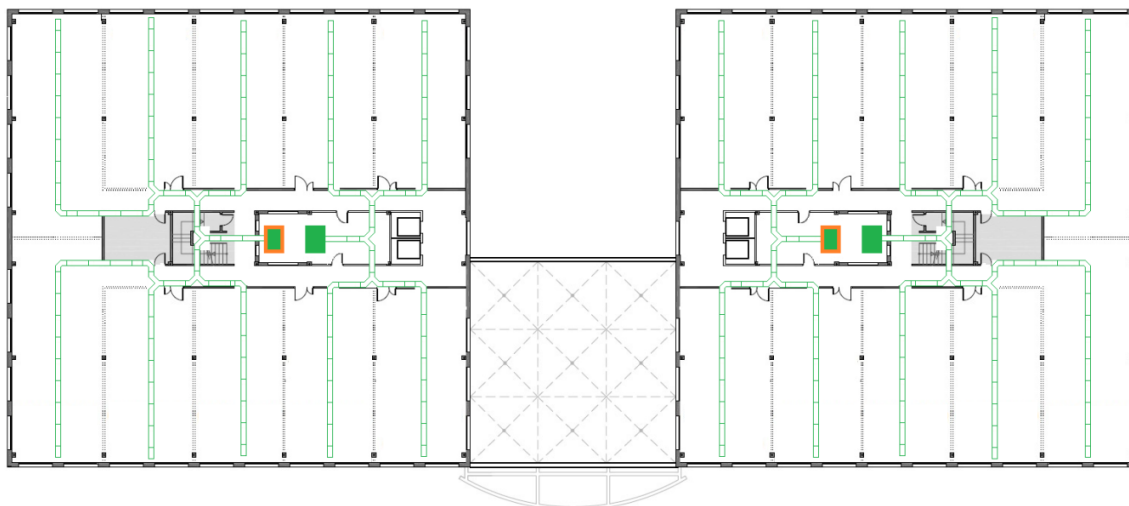


Figura 66. Distribución conductos primera planta.

Primera Planta	
Material	Cantidad
Conducto recto 1,5m (65x44,5cm)	71
Conducto recto 1,5m (70x51,5cm)	115
Conducto recto 0,75m (65x44,5cm)	17
Conducto recto 0,75m (70x51,5cm)	15
Conducto recto 0,375m (65x44,5cm)	2
Conducto recto 0,375m (70x51,5cm)	2
Codo a tres tramos (65x44,5cm)	10
Codo a tres tramos (70x51,5cm)	10
Pantalón recto (65x44,5cm)	8
Pantalón recto (70x51,5cm)	10
Bifurcación (65x44,5cm)	0
Bifurcación en T (70x51,5cm)	0

Figura 67. Materiales construcción sistema de conductos primera planta.

El recuadro verde con el perfil naranja simboliza los evaporadores de 9600m<sup>3</sup>/h de caudal mientras que los recuadros verdes simbolizan los evaporadores de 7200m<sup>3</sup>/h.

## 6.5. Pérdidas de carga.

Calcularemos posteriormente la cantidad de m<sup>2</sup> de chapa metálica que necesitaremos con las pérdidas de calor que tendremos en el conducto según la norma UNE 92315.

Para la medición de trabajos de redes de conductos de aire acondicionado supondremos un incremento de temperatura de 10°C.

### 6.5.1. Tramos rectos

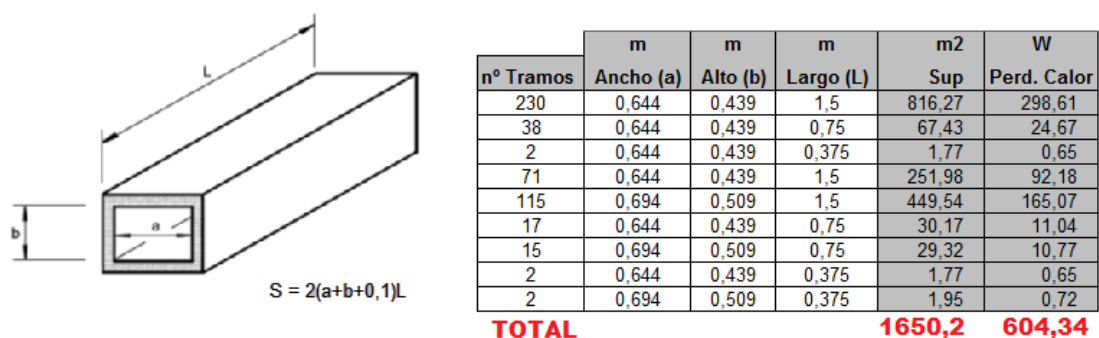


Figura 68. Pérdida de carga y superficie tramos rectos

### 6.5.2. Codos de 3 tramos

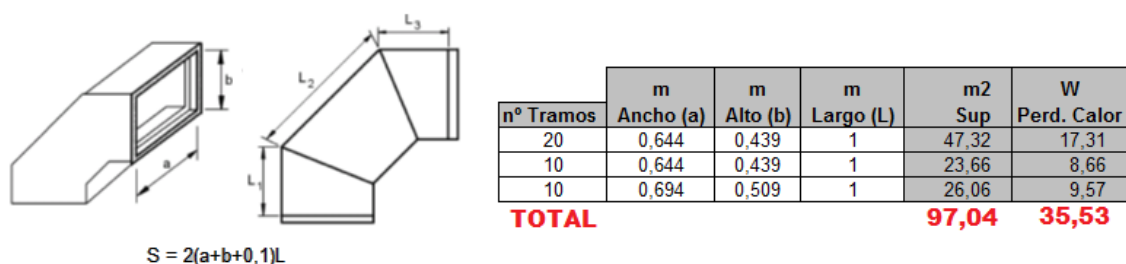


Figura 69. Pérdida de carga y superficie codos de 3 tramos.

### 6.5.3. Reducciones



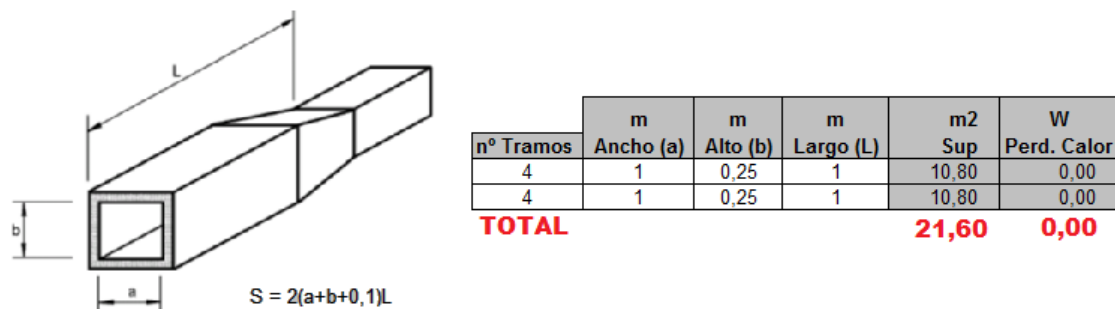


Figura 70. Perdida de carga y superficie reducciones.

#### 6.5.4. Pantalón recto

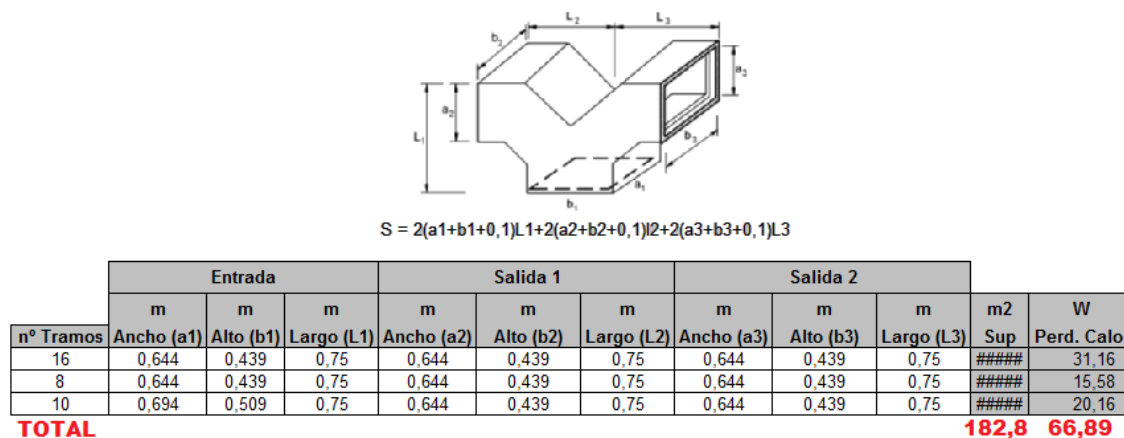


Figura 71. Perdida de carga y superficie pantalón recto.

#### 6.5.5. Bifurcación en T

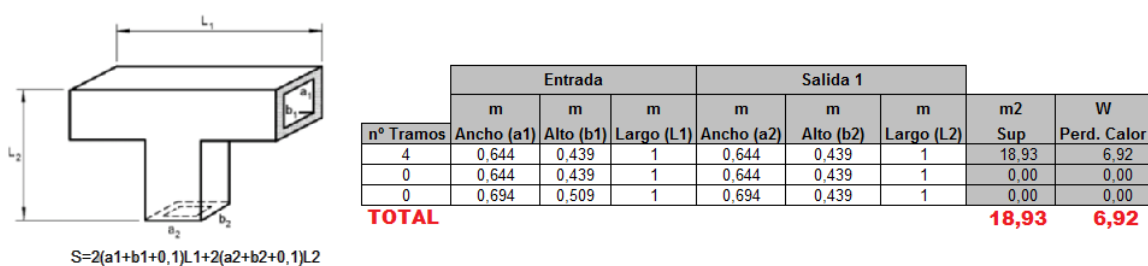


Figura 72. Perdida de carga y superficie bifurcación en T.

En total, en todo nuestro sistema de conductos incluyendo las 2 plantas y considerando una diferencia de temperatura de 10°C, tendremos una pérdida de calor total de 713,68W a parte de la pérdida de carga de las reducciones de los conductos del evaporador al propio sistema que en nuestro caso será despreciable en comparación con el total. Esta pérdida de calor no es nada significativa para nuestros equipos ya que están ligeramente



sobredimensionados para afrontar los casos más desfavorables y afrontar las pérdidas de carga calculadas.

## 6.6. Unidades terminales

### 6.6.1. Definición

Son dispositivos capaces de regular y direccionar el caudal de aire que circula por los conductos de ventilación. Estos pueden ser de distintos tipos dependiendo del entorno a climatizar y de las superficies. En nuestro caso utilizaremos unidades terminales de rejillas para la impulsión y renovación.

### 6.6.2. Difusores rotacionales

Son unidades terminales al igual que las rejillas pero nos proporcionan una elevada inducción del aire impulsado, se pueden colocar cerca de otros permitiendo un gran caudal total.

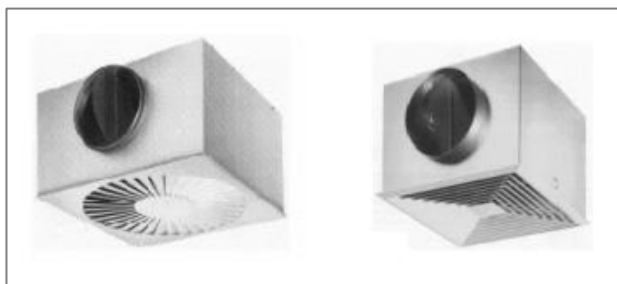


Figura 73. Difusores rotacionales.

La principal ventaja de estas unidades terminales es que nos permiten una mejor distribución del aire en la zona a climatizar permitiendo caudal de aire elevado.

### 6.6.3. Rejillas de impulsión.

Son aquellas rejillas que formaran parte de la red de conductos para impulsar el aire al interior de las oficinas a climatizar. En el sistema de impulsión, la rejilla será de simple deflexión, marca KOOLAIR, modelo 20-SH, de dimensiones LxH, para impulsión de aire con aletas horizontales orientables individualmente.

Puede incorporar compuerta de regulación (-O) y accesorio de fijación a determinar. Tienen un acabado en aluminio anodizado.

El anclaje a los conductos se realiza por medio de tornillos ya que la rejilla dispone de taladros por fabricación.

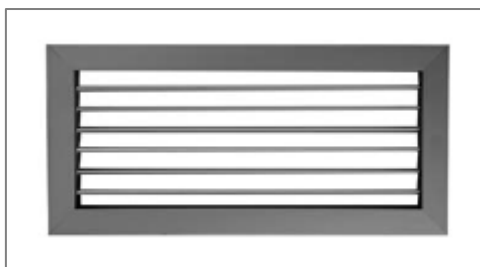


Figura 74. Rejilla de impulsión de simple deflexión.

#### 6.6.4. Cálculo de rejillas de impulsión.

Nos basaremos en el caudal de aire que necesitamos en nuestra zona de estudio para seleccionar correctamente las rejillas de impulsión que más se ajuste a nuestro diseño.

##### 6.6.4.1. Especificaciones de rejilla de impulsión de simple deflexión

Tamaño	Q (m³/h)	L <sub>wa</sub> [dB(A)]	ΔP <sub>r</sub> (Pa)	X (m)	V <sub>f</sub> (m/s)
200 x 100	170	24	7	2,5	3,9
	240	32	15	3,6	5,4
	350	40	31	5,2	7,9
300 x 100 200 x 150	230	24	6	2,8	3,5
	330	32	12	4,0	5,0
	480	40	26	5,8	7,2
300 x 150	320	24	5	3,2	3,2
	470	32	11	4,6	4,7
	670	40	22	6,6	6,6
600 x 100 400 x 150 300 x 200	420	24	5	3,5	3,0
	600	32	9	5,0	4,3
	870	40	20	7,3	6,3
500 x 150	500	24	4	3,8	2,9
	710	32	9	5,4	4,1
	1030	40	18	7,8	6,0
600 x 150 300 x 300	590	24	4	4,0	2,8
	850	32	8	5,8	4,0
	1230	40	17	8,3	5,8
600 x 200 500 x 250 400 x 300	770	24	3	4,4	2,6
	1110	32	7	6,4	3,7
	1600	40	15	9,2	5,4
1000 x 150 600 x 250 500 x 300	900	24	3	4,7	2,5
	1300	32	7	6,8	3,6
	1870	40	13	9,7	5,2
1100 x 200	1260	24	3	5,3	2,3
	1810	32	6	7,7	3,3
	2610	40	11	11,1	4,8
1200 x 250 1000 x 300	1630	24	2	5,9	2,2
	2340	32	5	8,4	3,1
	3380	40	10	12,2	4,5

Figura 75. Especificaciones rejillas de impulsión.

Nos quedaremos con la rejilla de dimensiones 200x100mm ya que tiene un caudal de aire por hora (240m³/h) que se ajusta a nuestro diseño.

#### 6.6.4.2. Esquema de ubicación de las rejillas impulsoras.

##### 6.6.4.2.1. Planta Baja

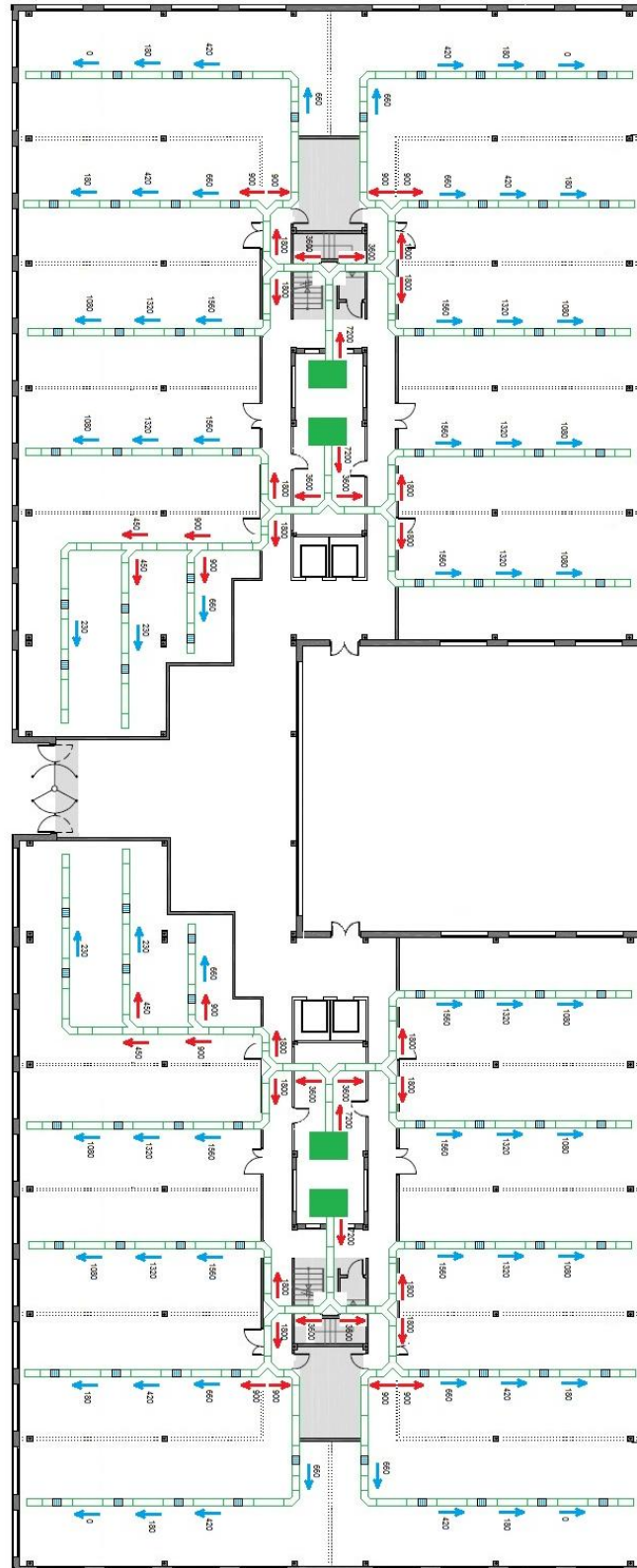


Figura 76. Caudales de aire planta baja.

#### 6.6.4.2.2. Primera Planta

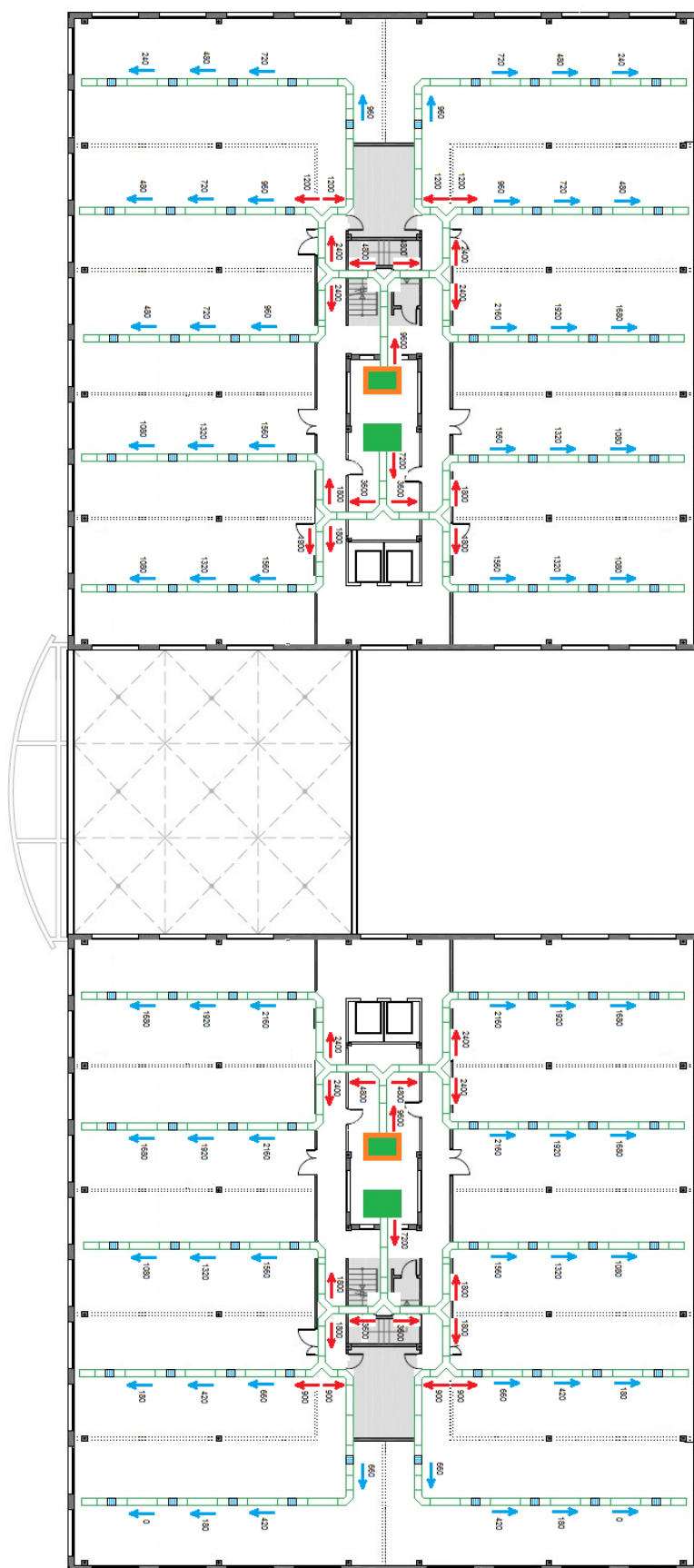


Figura 77. Caudales de aire primera planta.

Como podemos ver, tenemos un problema a la hora de simular el flujo de los caudales de aire a nuestro diseño y es que a algunas oficinas se distribuye un caudal de aire ligeramente superior al requerido y, sin embargo, en otras como la 9, 10, 19,20, el caudal necesario no llega al mínimo establecido luego no se produciría la sobrepresión en la oficina y la distribución de la temperatura no sería la correcta.

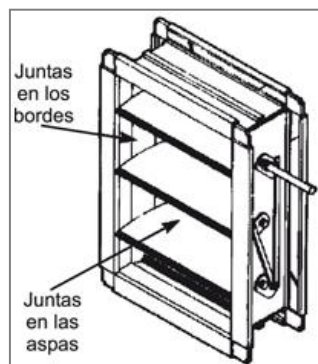
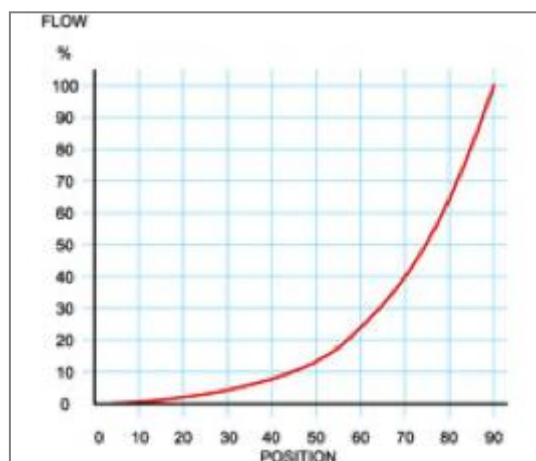


Figura 78.Compuerta de caudal.

La manera más fácil y económica de resolver este problema es instalando compuertas de caudal en la salida de conductos de los pantalones rectos regulando así el sobre caudal de unas oficinas desviándolo a la demanda de otras.

Este mecanismo lo que hace es limitar el caudal de aire en función del ángulo de las aspas.



Gráfica 6.Curva inherente de flujo en la compuerta de aspas paralelas.

Como podemos observar en la gráfica, estas compuertas nos permiten variar el caudal de aire en su plenitud, cerrándolo cuando las aspas o lamas están a 0° respecto a la vertical, y abriendo totalmente el conducto a 90°.

Con este dispositivo queda definido nuestro sistema de impulsión en la red de conductos.

### 6.6.5. Rejillas de renovación

Al tratarse de renovación por plenum, no hay necesidad de una instalación de conductos para la renovación del aire ya que se renueva el aire del interior de las oficinas a través de las rejillas de retorno. Estas tienen un caudal impuesto de 680 m<sup>3</sup>/hora, documentación obtenida de ASRHAE.

Tendremos especial cuidado para evitar cortocircuitos con el aire impulsado y la dispersión de la contaminación manteniendo una distancia de seguridad y así asegurarse de que el aire impulsado a la oficina no se extra mediante las rejillas de renovación.

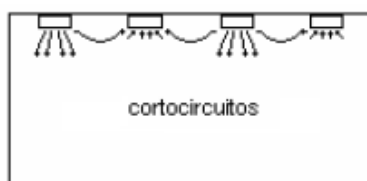


Figura 79. Cortocircuitos de renovación.

### 6.6.6. Cálculo de las rejillas de renovación

Será preciso utilizar rejillas en las oficinas para permitir la renovación total necesaria para cumplir con la normativa según RITE y ASRHAE y con los parámetros de diseño:

Utilizaremos el método de sobrepresión, en el cual, el caudal de aire de retorno es inferior al caudal de impulsión a las oficinas, con esto lograremos que no afecte la apertura de las puertas a la hora de abrirlas. Por norma general el porcentaje a renovar es un 5 % menor que el de impulsión, manteniendo las especificaciones de salubridad en el aire de las oficinas.

Planta	Zona	Caudal de impulsión (m <sup>3</sup> /h)	Aspiración rejilla renovación (m <sup>3</sup> /h )	Cantidad
<b>1</b>	1;8-11;18-20	900	280	3
	2-7;12-17	1800	280	4
	<b>TOTAL</b>	28800		<b>72</b>
<b>2</b>	28-31	900	280	3
	21;38-40	1200	280	4
	23-24;32;35-36	1800	280	4
	22;26;33-34;37	2400	280	4
	<b>TOTAL</b>	33600		<b>77</b>

Tabla 42. Rejillas de renovación por oficina.

#### 6.6.6.1. Distribución de rejillas renovación Planta baja

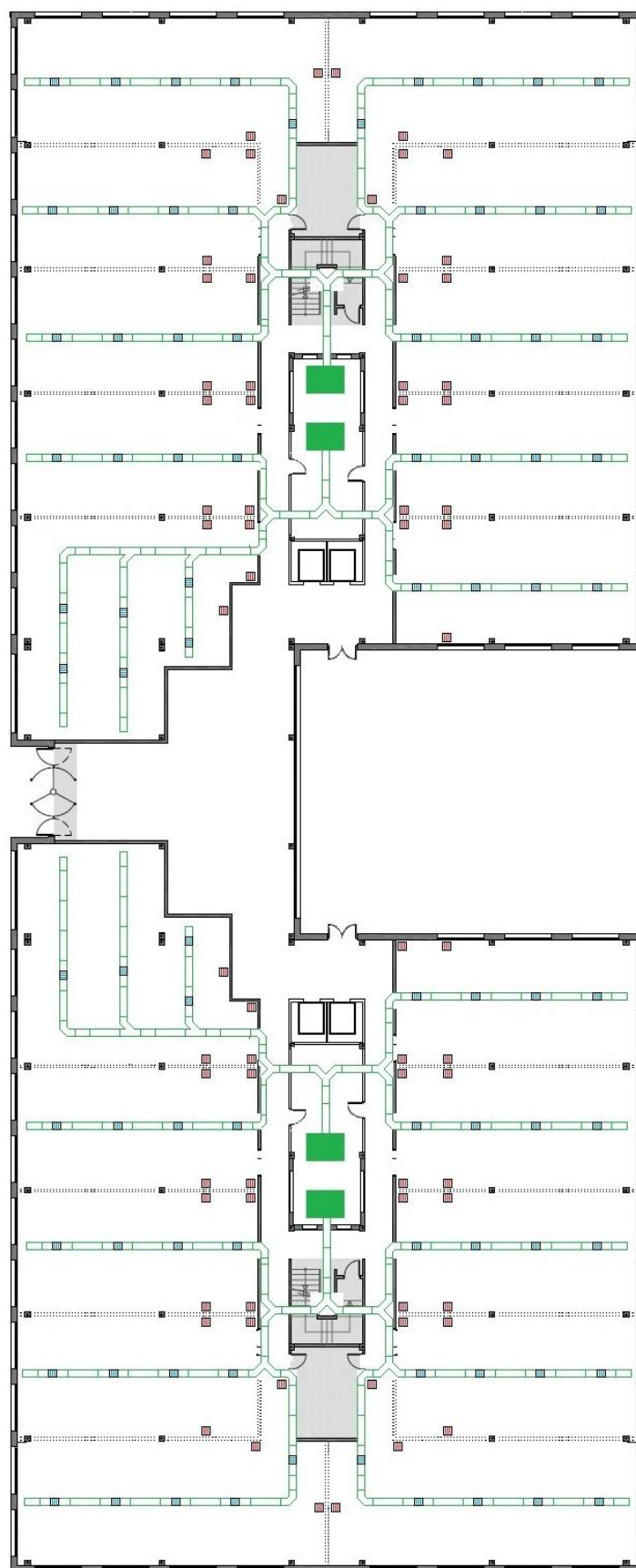


Figura 80. Distribución rejillas renovación Planta baja.



#### 6.6.6.2. Distribución de rejillas renovación Primera planta.

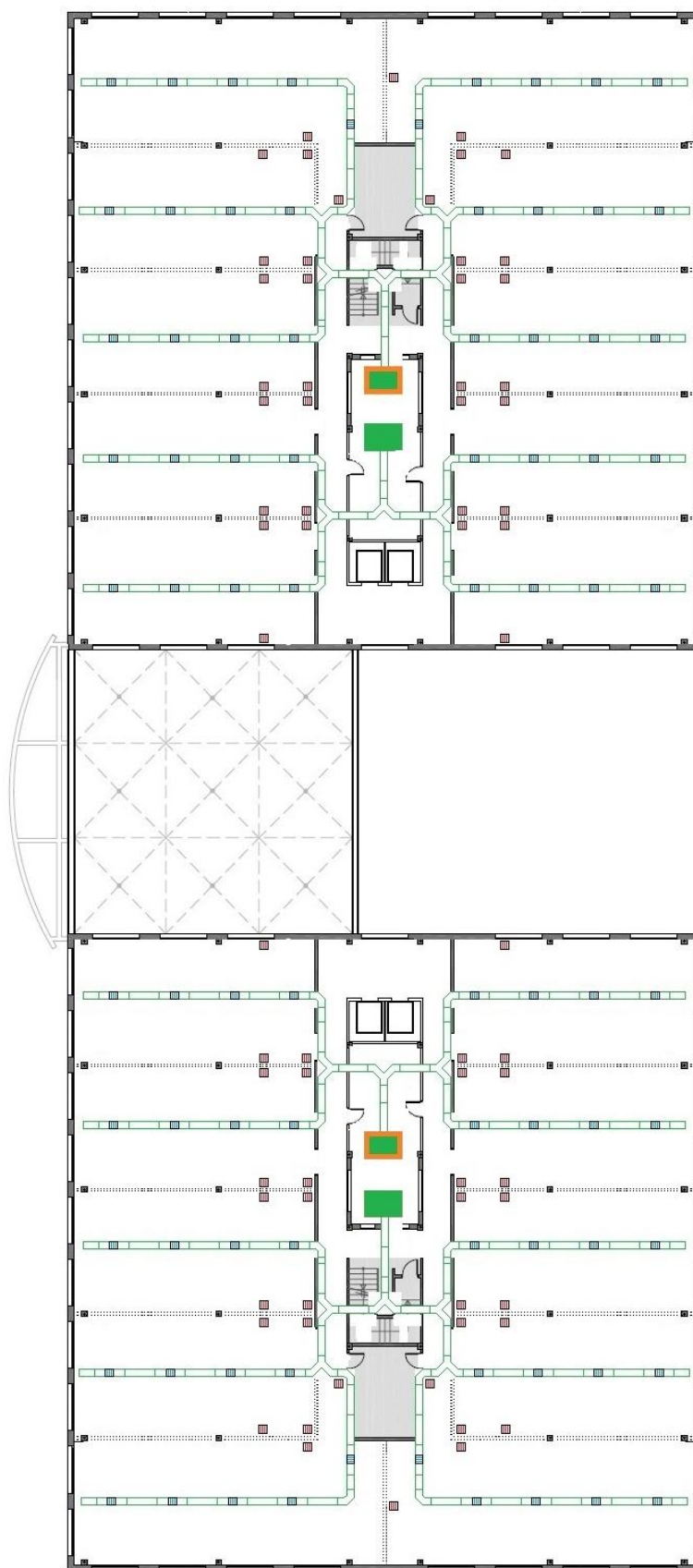


Figura 81. Distribución rejillas renovación Primera planta.

### 6.6.7. Rejillas intemperie

Para la rejilla de exterior usaremos una rejilla de intemperie para instalaciones de ventilación, marco frontal y lamas de chapa perfilada de acero galvanizado, tela metálica de acero galvanizado con malla de 200x200 mm.



Figura 82.Rejilla intemperie.

### 6.6.8. Tipos de aislamientos

Los conductos están realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado), las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire. Puesto que el metal es un conductor térmico, los conductos de chapa metálica deben aislarse térmicamente. Habitualmente, el material empleado consiste en mantas de lana de vidrio para colocar en el lado exterior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor. También pueden colocarse, en el interior del conducto, mantas de lana de vidrio con un tejido de vidrio que permite la absorción acústica por parte de la lana y refuerza el interior del conducto.

Los productos de lana de vidrio utilizados para el aislamiento de conductos metálicos son:

Aplicación	Descripción	Revestimiento	Resistencia térmica $m^2 \cdot k/W$
Aislamiento por el exterior del conducto metálico	Manta de lana de vidrio, 55mm de espesor	Aluminio + kraft	1,31
	Manta de lana de vidrio, en 30 o 40 mm de espesor	Aluminio reforzado + kraft	30 mm: 0,80 40mm: 1,00
Aislamiento por el interior	Manta de lana de vidrio, 5mm de espesor	Tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica	5 mm: 0,36

El primer factor de gran influencia que debe considerarse para reducir el consumo energético de una instalación es el aislamiento térmico del local a acondicionar. Es preciso conocer las cargas térmicas del edificio, y que éste haya sido proyectado según la normativa vigente, cumpliendo con los valores mínimos de aislamiento exigido. Por otra parte, las condiciones térmicas del aire que circula por el interior de los conductos en las instalaciones son diferentes a las del aire exterior, lo que se traduce en una transferencia de calor entre las dos masas de aire. Si esta transferencia es elevada, se producirá una pérdida de eficiencia de la instalación y un aumento de su coste energético.

Otro posible efecto es el riesgo de condensaciones en las paredes de los conductos, debido al enfriamiento localizado del aire y al aumento de su humedad relativa. Es por esto que el RITE incide en los espesores mínimos de aislamiento necesario en conductos para evitar condensaciones. (IT.2.4.2.2.). Todos los cálculos se realizan de acuerdo con la norma UNE-EN 12241

## 7. Impacto Ambiental

Siguiendo con lo estipulado por el Protocolo de Montreal, acerca de la producción de los refrigerantes clorofluorcarbonados (CFC) en los países "desarrollados" en 1995, el centro de atención se ha dirigido hacia la próxima categoría de químicos que deterioran la capa de ozono y que la legislación pretende eliminar, como por ejemplo los hidrofluorcarbonados (HCFC), que en refrigeración industrial principalmente implica al diclorofluorometano (R-22).

Actualmente el Protocolo de Montreal especifica que la producción de refrigerantes del tipo HCFC será discontinuada en los países desarrollados a partir del año 2020, pero existe una intensa presión por adelantar esa fecha y algunas autoridades, en su mayoría de la Unión Europea, han proclamado su propia legislación para finalizar la producción en el año 2010.

La búsqueda de refrigerantes alternativos comienza por la selección de componentes simples o azeotropos con propiedades ideales para reemplazar los CFC y HCFC, pero la realidad demuestra que, con excepción del R-134a, reemplazo del R-12, esto no es fácil.

El esfuerzo se ha enfocado en la mezcla de componentes que posean algunas de las propiedades deseadas para producir una mezcla sin las deficiencias de los componentes individuales. La primera mezcla producida fue creada con la intención de reemplazar al CFC R-12. Las mezclas obtenidas inicialmente utilizaban refrigerantes HCFC, que aún permitían el uso del tradicional aceite lubricante mineral y lubricantes del tipo alquilbenceno, tiempo después se desarrollaron mezclas que no afectaban la capa de ozono para reemplazar al R-12, R-502 y R-22 empleando hidrofluorcarbonados (HFC), pero en general requerían del uso de lubricantes sintéticos como el aceite polyolester.

Actualmente existen mezclas que han sido desarrolladas como alternativas potenciales, como por ejemplo el R407C (mezcla de R-32, R-125 y R-134a), R410A (mezcla de R-32 y R-125) y R417A (mezcla de R-125, R-134a y R-600). Todas estas mezclas tienen o cumplen con los criterios necesarios para ser clasificados con el riesgo más bajo en términos de toxicidad e inflamabilidad de acuerdo a su fórmula de composición y en el peor de los escenarios.

El refrigerante R407C tiene propiedades físicas similares al R-22 y por lo tanto puede usarse en equipos de diseño similar, pero el R407C debe usarse en conjunto con los nuevos aceites lubricantes sintéticos como el POE (polyolester). El R407C también registra un importante deslizamiento (glide) en la práctica, lo que promueve dificultades operativas (en chillers por ejemplo).

El R410A también requiere el uso de lubricantes sintéticos y tiene propiedades físicas que son muy diferentes al R-22 (por ejemplo, la presión del vapor saturado para el R410A a 40° C es casi de un 60% mayor que el R-22, y por lo tanto, el equipo debe ser diseñado para el uso exclusivo de esta mezcla). Se han identificado un número de ventajas cuando se usa R410A, como por

ejemplo, un alto e inesperado coeficiente de transferencia de calor y el hecho de que se necesitan un compresor y tuberías más pequeños. Sin embargo, la temperatura crítica de esta mezcla es relativamente baja (72° C), lo que plantea interrogantes en cuanto a la performance bajo condiciones ambientales extremas o en aplicaciones de bomba de calor donde las temperaturas de condensación pueden llegar a alcanzar los 60° C.

## 8. PRESUPUESTOS

### 8.1. Materiales

Nº	UD	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1.1	Ud	Descripción: Suministro y montaje de rejilla de simple deflexión, marca KOOLAIR, modelo 20-SH, de dimensiones LxH, para impulsión de aire con aletas horizontales orientables individualmente accionables desde la parte frontal, fijación mediante tornillos vistos, montada en conducto metálico rectangular. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Totalmente montada	166	56,7	<b>9423,82</b>
1.2	m²	Descripción: Suministro y montaje de aislamiento de espuma de polietileno reticulado .Resistencia térmica a 20º es de 0.04W/m²K. Espesor de 5mm UNE 23727 – M1 sobre chapa. Código AI01911	2025	6,48	<b>13122</b>
1.3	ud	Descripción: Suministro y montaje control de caudal por cada tramo de conducto. Código CM02 304. Medidas (AxL) 650x440mm.	4	154,2	<b>617</b>
1.4	ud	Descripción: Suministro y montaje control de caudal por cada tramo de conducto. Código CM02 325. Medidas (AxL) 700x510mm.	4	187,4	<b>749,96</b>
1.5	ud	Descripción: Suministro y montaje de rejilla de retorno, de aluminio extruido, anodizado color naturalnE6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, RER 500 x 100 mm, con parte posterior de chapa de acero pintada en color negro RAL 9005, formada por			

		laminas accionables desde la parte frontal, fijación mediante tornillos vistos, montada en conducto metálico rectangular. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Totalmente montada.			
			149	16,14	<b>2404,86</b>
1.6	ud	Descripción: Suministro y montaje de rejilla de intemperie para instalaciones de ventilación, marco frontal y laminas de chapa perfilada de acero galvanizado, tela metálica de acero galvanizado con malla y garras de anclaje RI 500*750mm. Fijación mediante tornillos vistos, montada en semiconducto metálico rectangular previo al ventilador. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Totalmente montada. Tratamiento térmico del aluminio exterior lacado en blanco			
			4	80,71	<b>322,84</b>
1.7	m	Descripción: Suministro y montaje (incluyendo sellado) de tubo de cobre de 3/8" de doble aislamiento y revestido con abocardado y tuerca. Aislamiento de célula cerrada auto extingible, revestimiento película de polietileno compacto con protección exterior. Temperatura de trabajo de -45°C a +100°C.			
			80	98	<b>7840</b>
1.8	m	Descripción: Material y montaje de tubo de cobre de 1" de doble aislamiento y revestido con abocardado y tuerca. Aislamiento de célula cerrada auto extingible, revestimiento película de polietileno compacto con protección exterior. Temperatura de trabajo de -45°C a +100°C.			
			80	121	<b>9680</b>
1.9	ud	Descripción: Suministro y			



	montaje de accesorios de cobre para frio TF02-22 de 3/8", hembra-hembra, sin tratamiento superficial. Accesorios de montaje y elementos de fijación incluidos totalmente montadas.	200	2.48	<b>4,96</b>
1.10 ud	Descripción: Suministro y montaje accesorios de cobre para frio TF02-32 de 1", hembra-hembra, sin tratamiento superficial. Accesorios de montaje y elementos de fijación incluidos totalmente montadas.	100	8.25	<b>82,5</b>
1.11 ud	Descripción: Material y montaje de difusor rotacional para techo XN-600-36. Aluminio lacado blanco.	149	40	<b>5960</b>
1.12 ud	Descripción: Suministro e instalación de sistema de impulsión (evaporador) PEA-400GA de 38000W de alto rendimiento para locales comerciales o administrativos. Accesorios de montaje y elementos de fijación incluidos totalmente montadas	6	2349	<b>14094</b>
1.13 ud	Descripción: Suministro e instalación sistema de impulsión (evaporador) PEA-500GA de 44000W de alto rendimiento para locales comerciales o administrativos. Accesorios de montaje y elementos de fijación incluidos totalmente montadas.	2	2653	<b>5306</b>
1.14 ud	Descripción: Suministro e instalación condensador serie PUHZ-RP200YKA de 19KW. Alta eficiencia y tecnología. Accesorios de montaje y elementos de fijación incluidos totalmente montadas.	12	4734	<b>56808</b>
1.15 ud	Descripción: Suministro e			

	instalación condensador serie PUAZ-RP200YKA de 22KW. Alta eficiencia y tecnología. Accesorios de montaje y elementos de fijación incluidos totalmente montados	4	5449	<b>21796</b>
1.16 m²	Descripción: Suministro y montaje conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor, con clasificación de resistencia al fuego E600/120.Instalación, fijación y uniones incluidas (uniones transversales con grapa metálica).	1970,2	20,94	<b>41255,9</b>
1.17 %	Descripción: Suministro y montaje conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor MERMA +10% E600/120.Instalación, fijación y uniones incluidas (uniones transversales con grapa metálica).	41255	0,1	<b>4125,5</b>
1.18 ud	Descripción: Duct cleaning robot QSA-084 Robot de limpieza de conductos, aspirador auto robot .Limpieza de vacío inteligente	1	1755	<b>1755,5</b>
1.19 ud	Descripción: Suministro y montaje filtro F8 sistemas de ventilación. Serie KF50311.Especialmente diseñados para cumplir la norma RITE. Caudal aproximado 1000-1500 m³/h. Instalación y montaje incluidos.	4	832,	<b>3330,64</b>
1.20 ud	Descripción: Suministro y montaje caja de ventilación centrifugas serie Centribox ERP de aspiración e impulsión, con acople para pre filtro y filtro. Entrada rectangular, serie CVB-180/180 72W ST. Caudal 1410			

	m3/h.			
		4	465,	<b>1861,68</b>
1.21	ud Descripción: Mano de obra e instalación termostato de ambiente CO14 700 con sensor en la renovación conmutado MC3 (mundocontrol).			
		40	7,82	<b>312,8</b>
1.22	Kg Descripción: Suministro y montaje 30kg gas refrigerante R410a Conector / salida / rosca estándar 20,8m.			
		30	15	<b>450</b>
1.23	ud Descripción: Suministro y montaje escuadra para colgar conductos de chapa con anti vibrador aislante. Chapa de 2 mm zincada Tipo BRA1. Caja de 100 Uds.			
		416	0,62	<b>257,92</b>
1.24	ud Descripción: Suministro y montaje tornillo brida macho Medida M6x30. Caja de 100 unidades.			
		1000	4	<b>40</b>
1.25	ud Descripción: Taco hembra SB 8/0 con tuerca de latón M4 y broca de 8mm. 500uds.			
		1000	3	<b>30</b>
1.26	ud Descripción: Suministro y montaje ventiladores absorción e impulsión CVB-180-N-72W			
		4	413,5	<b>1654</b>
<b>Total</b>				<b>195570,8</b>

**Asciende el Presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO NOVENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS SETENTA CON OCHO EUROS.**

Los presupuestos marcados en rojo no son estrictamente necesarios en el proyecto ya que se han elegido otras configuraciones o se prescinde de ellos.

## 8.2. Consumo energético

Nº	UD	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1.27	KWh	Descripción: Consumo eléctrico de las diferentes maquinas que componen el sistema			

		Condensador RP200			
			12x4,7	0,139141	<b>7,84</b>
1.28	KWh	Descripción: Consumo eléctrico de las diferentes maquinas que componen el sistema Condensador RP250			
			4x5,5	0,139141	<b>3,06</b>
1.29	KWh	Descripción: Consumo eléctrico de las diferentes maquinas que componen el sistema Evaporador RP400			
			6x1,55	0,139141	<b>1,29</b>
1.30	Kwh	Descripción: Consumo eléctrico de las diferentes maquinas que componen el sistema Evaporador RP500			
			6x1,84	0,139141	<b>1,45</b>
1.31	Kwh	Descripción: Consumo eléctrico de las diferentes maquinas que componen el sistema ventilador exterior			
			4x0,5	0,139141	<b>0,27</b>

## 9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Estudiaremos diferentes configuraciones de diseño para ver cuál es la más favorable en un edificio de oficinas de dos plantas. Analizaremos los pros y los contras de cada uno de ellos y los enfrentaremos a nuestro proyecto.

### 9.1. Climatización por Split (compresor inverter)

Los sistemas Split son aquellos destinados principalmente a pequeñas superficies o viviendas, su mecanismo es sencillo y su mantenimiento prácticamente nulo. Consiste en unidades evaporadoras tipo Split que se ubican en el interior de la zona a climatizar y que son las encargadas de absorber el calor. Otro dispositivo denominado condensador está ubicado en el exterior y será el encargado de ceder dicho calor que absorberá el refrigerante para cambiar de estado y es aquí donde a través de un ventilador se expulsa ese calor al exterior.

Es preciso mencionar que en estos sistemas hay un alto nivel de condensación de agua en los evaporadores que es preciso canalizar hasta un desagüe. Para no interferir en el rendimiento de la instalación lo que supone un gasto extra y considerablemente alto.

Disponen de una potencia bastante contenida aunque los hay comerciales que pueden llegar a 15KW.

Cómo elegir un aire acondicionado Split adecuado		
Área a enfriar (m2)	BTU	KW
9 a 14	5000	1,465355347
15 a 23	6000	1,758426417
24 a 28	7000	2,051497486
29 a 32	8000	2,344568556
33 a 37	9000	2,637639625
38 a 42	10000	2,930710694
43 a 51	12000	3,516852833
52 a 65	14000	4,102994972
66 a 92	18000	5,27527925
93 a 112	21000	6,154492458
113 a 130	23000	6,740634597

Figura 83. Elección de aire acondicionado Split adecuado.

Para comparar este caso con el sistema de conductos que hemos diseñado elegiremos un modelo 3x1 de la serie MUPR-HE3x1 de 2500W cada evaporador. Esto quiere decir, que por cada condensador tenemos 3 evaporadoras.

Hay 8 oficinas que disponen de una potencia térmica superior a 7500W por lo que usaremos MUPR-HE4x1.

UNIDADES INTERIORES				
Modelo		MUPR-07-HEM	MUPR-09-HEM	MUPR-12-HEM
Código		CL 20 170	CL 20 171	CL 20 172
Capacidad REFRIGERACIÓN	W	2000	2500	3500
	BTU/h	7000	9000	12000
Capacidad CALEFACCIÓN	W	1750	2250	3000
	Kcal/h	2500	3200	4000
Caudal de aire	BTU/h	9000	11000	13500
	Kcal/h	2250	2750	3375
Caudal de aire	m³/h	500	520	600
Dimensiones	mm	750x250x188	750x250x188	815x280x215
Peso neto	Kg	8	8	8
Nivel sonoro	dBA	30	32	33
Diámetro tubo líquido/gas	pulg	1/4 - 3/8	1/4 - 3/8	1/4 - 1/2

UNIDADES EXTERIORES				
Modelo		MUPR-18-HE2X1	MUPR-27-HE3X1	MUPR-27-HE4X1
Código		CL 20 173	CL 20 174	CL 20 175
Capacidad REFRIGERACIÓN (Min-Nom-Max)	kW	1,6-5,3-6,6	2,75-7,8-9,3	2,82-8,0-9,6
Capacidad CALEFACCIÓN (Min-Nom-Max)	kW	2,3-6,9-7,4	3,14-9,0-10,8	3,24-9,3-11,2
Consumo refrigeración (Min-Nom-Max)	kW	0,44-1,48-2,8	0,77-2,24-3,49	0,81-2,35-3,55
Consumo calefacción (Min-Nom-Max)	kW	0,58-1,90-2,47	0,82-2,39-3,66	0,86-2,51-3,86
Tensión alimentación	V-Hz-Ph	220-50-1	220-50-1	220-50-1
Nivel sonoro	dBA	53	55	55
Dimensiones	mm	845x695x335	845x695x335	845x695x335
Peso neto	Kg	71	72	72

Figura 84.Especificaciones unidad interior y exterior.

Instalaremos los Split de tal manera que el caudal de aire sea uniforme en todas las oficinas. Lo ideal en este caso, al tener oficinas rectangulares en su mayoría, es ubicar los evaporadores en los lados para una climatización repartida.

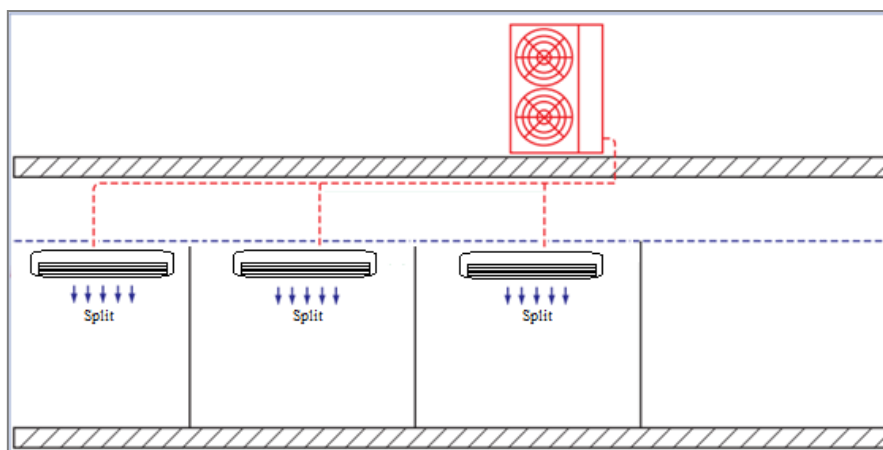
Para nuestro proyecto necesitamos un total en máquinas de:

Oficina	Numero de evaporadores	Numero de condensadores	Precio Conjunto (€)
1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,31,32,33,36,37,38	3	1	2550
9,14,15,29,30,35,39,40	4	1	2970
<b>TOTAL</b>	<b>128</b>	<b>40</b>	<b>105360</b>

Figura 85.Equipos de Split inverter y costes.

Como se puede observar, tiene un coste muy elevado sin contar las tuberías de cobre, desagüe y la instalación, y un uso de máquinas demasiado alto.

Además este tipo de instalaciones tienen limitada la longitud de tuberías entre el evaporador y el condensador por lo que hace más complicado su uso en edificios administrativos de grandes superficies o en industria.



**Figura 86.**Esquema simplificado conjunto Split inverter.

Otro inconveniente de este sistema de aire acondicionado son las tuberías de desagüe ya que serían necesarias meterlas por el falso techo hasta el baño y teniendo 128 evaporadores en todo el edificio es inviable el uso de este sistema en nuestro proyecto.

La renovación de aire se haría por plenum echando el aire de renovación al exterior.

## 9.2. Climatización por cassette y conductos

La particularidad del aire acondicionado por cassette es que son capaces de proporcionar la potencia de climatización necesaria sin estar oculto en un falso techo. La unidad interior, lo que se llama cassette, es un aparato cuadrado y estrecho que se cuelga mediante unos soportes especiales al techo, quedando en paralelo al mismo. Su instalación es sencilla y su estética no suele desencajar con la decoración, ya que supone una extensión del techo. Es un sistema más complejo que el anterior pero más robusto y más acorde con la instalación.

Se trata de un sistema de impulsión del aire desde el exterior mediante un ventilador directamente al interior a través de conductos. También tendremos un aporte extra de aire mediante cassettes colocados en el centro de las oficinas permitiendo un reparto de temperatura muy equitativo a lo largo la zona a climatizar.

La renovación del aire se realizara a través de los cassetes directamente al plenum expulsándolo al exterior mediante una rejilla de intemperie.



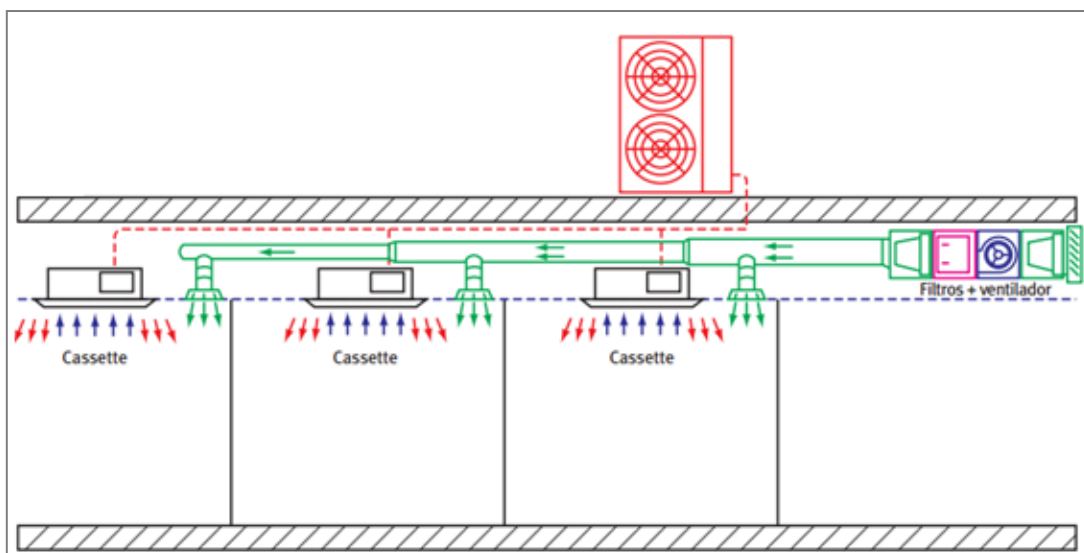


Figura 87. Esquema sistema mixto independiente. Aire de ventilación impulsado directamente al local sin tratamiento térmico.

Escogeremos un equipo lo suficientemente potente para que se complemente con la impulsión de aire por medio de los conductos y consigamos el caudal de aire y la potencia necesarias.

El equipo que más se adapta a nuestro diseño es el DI56 4558 frigorías (5300W).

Recomendado para una estancia de (m2)	40 a 45 m2
Medidas unidad interior	84x25,6x84 cm (ancho x alto x fondo)
Medidas unidad exterior	78x55x32 cm (ancho x alto x fondo)
Potencia de frío (frigorías/watios)	4558 frigorías (5300 W)
Potencia de calor: (calorías/watios)	4816 calorías (5600 W)
Presión sonora unidad interior (dB)	28 dB
Presión sonora unidad exterior (dB)	46 dB
clase energética (frío/calor)	A+/A
Consumo en frío (W)	1560 W
Consumo en calor (W)	1241 W
SEER	5.89
SCOP	4.51

Figura 88.Ficha técnica equipo DI56 5300w.

Con esta potencia más el aporte de los conductos, estaremos hablando de una necesidad de los siguientes dispositivos:

Oficina	Numero de cassette	Numero de condensadores	Precio Conjunto (€)
1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,31,32,33,36,37,38	1	1	1990
9,14,15,29,30,35,39,40	2	2	3980
TOTAL	48	48	95520

**Figura 89. Equipos de cassettes mas conductos y costes.**

Como podemos ver, es un precio que esta más ajustado que el anterior, pero al tratarse de grandes superficies y disponer a su vez de sistema de conductos hace que el precio se eleve mucha ya que como veremos en el apartado de presupuestos, es sistema de conductos sin aislante asciende a 45000 euros sin contar con el aislamiento según la normativa establecida en el RITE.

Como conclusión, se trata de un sistema con una gran capacidad pero a un alto coste. Estos sistemas son útiles para trabajar por si solos sin aporte de conductos ya que elevan mucho el presupuesto del proyecto.

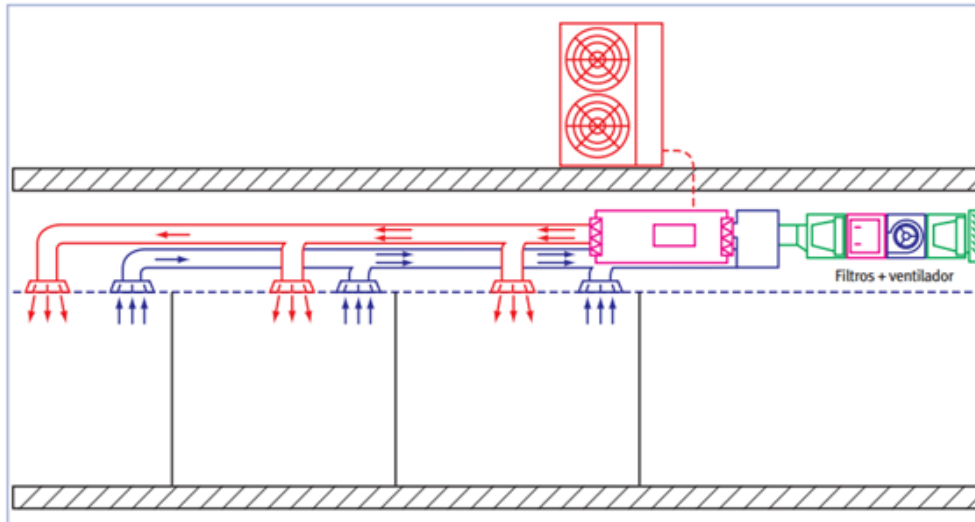
Hay que diseñarlos teniendo en cuenta que no estén lo suficientemente altos para que el aire frio pueda descender lo suficiente y no se creen capas de aire superpuestas impidiendo una buena climatización en la zona de estudio.

### **9.3. Climatización mixta con ventilación e impulsión conectada a conductos.**

Son sistemas complejos por el diseño de conductos que conlleva y los grandes equipos que poseen, están sujetos a una normativa muy estricta y son los más usados en centros comerciales, edificios de oficinas, industria, aeropuertos, etc.

Es un sistema que, a diferencia de nuestro proyecto con renovación por plenum, estos están tienen una renovación también por conducto con un aporte de aire exterior impulsado por un ventilador.

Estos equipos se emplean cuando no es posible realizar la renovación por plenum y es necesario diseñar otra red de conductos para el retorno del air al evaporador.



**Figura 90. Sistema mixto con ventilación conectada a unidades de conductos.**

Este diseño encarece mucho el precio de la instalación y el de montaje pero siempre que no se tenga un falso techo habilitado para usarlo como plenum será necesario instalarlo.

La otra diferencia que tenemos es que el aire exterior es impulsado por conducto directamente a un convertidor dentro del evaporador donde se mezcla con el aire de renovación pudiendo el evaporador volver a impulsar el aire suficiente al interior de las oficinas.

Una de las ventajas de este sistema es que no tenemos que preocuparnos por las infiltraciones de aire que pudiera tener el plenum o las pérdidas de carga de este, simplemente calculando la pérdida de carga del conducto serían suficiente.

#### **9.4. Climatización mediante conductos con tecnología inverter.**

En nuestro diseño apostamos por el aire acondicionado de compresión mecánica simple, un aire acondicionado en el que el compresor funciona a plena carga o apagado, es decir, arranca y para con frecuencia. A lo largo de un año el consumo de energía es elevado ya que el mayor consumo de estas máquinas es justo cuando arrancan, cuando se conectan.

Con sistemas con tecnología inverter o máquinas de volumen variable, al tratarse de una gran superficie a climatizar mantenemos una temperatura más constante gracias a que su compresor, en vez de desconectarse, baja la velocidad para adaptarse a la demanda consiguiendo evitar el pico de mayor consumo de electricidad las arrancadas. Este mecanismo nos supondría un ahorro de un 20-30% anual. Actualmente todos los fabricantes trabajan con esta tecnología.

Los equipos inverter son ligeramente más altos que los de compresión mecánica simple, siendo el coste de la instalación en torno a un 10 % más alto en función de la capacidad de los equipos seleccionados.

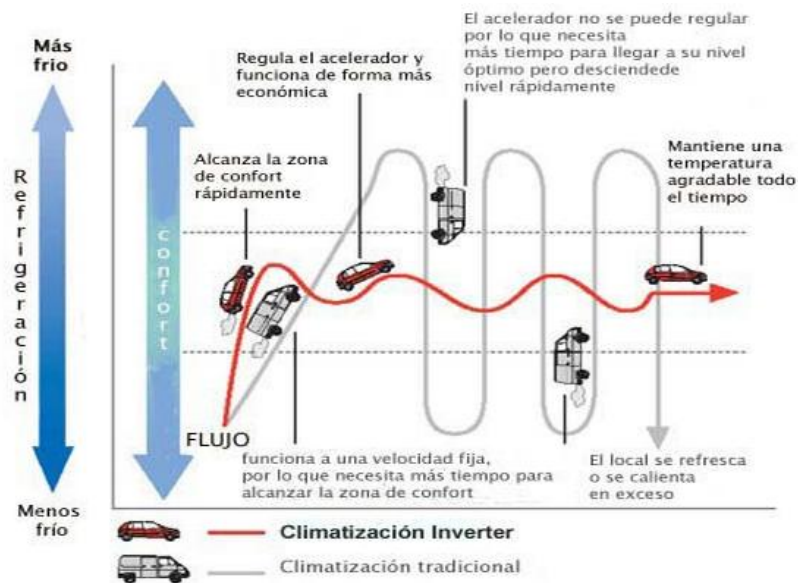


Figura 91. Explicación Tecnología Inverter vs Compresión mecánica simple.

## 10. CONCLUSIÓN

Para el proyecto de climatización del edificio de oficinas ubicado en Zaragoza, España se puede concluir que:

- 1- La carga térmica total requerida es de 144374,4W.
- 2- El número de equipos necesarios es de 6 evaporadoras de 38KW, 2 de 44KW, distribuidos entre la primera planta (4 evaporadores de 38KW) y la segunda (2 evaporadores de 38KW y 2 de 44KW), 12 condensadores de 19KW, 8 condensadores de 25KW situados en la parte superior del edificio (en la azotea) y 4 ventiladores exteriores, 2 por planta.
- 3- La mejor opción tecnológica es la de equipos del tipo inverter que trabajan con refrigerante R410A.
- 4- El costo total de la instalación es de 195570,8€.

Con lo expuesto en esta memoria, acompañado por los demás anexos del proyecto se considera totalmente definida y justificada las instalaciones a realizar necesarias para satisfacer las demandas o necesidades del edificio proyectado y así conseguir cumplir con las exigencias vigentes en cuanto al confort de un edificio del tipo y ubicación concretos de este proyecto.

Los presupuestos son orientativos y se podrían ajustar si se aceptara el proyecto.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Libro:** "Heating, ventilation and air conditioning. Analysis and design." Faye C, McQuiston, Jerald D. Parker

**Libro:** "Manual de climatización" Antonio Madrid Vicente

**Libro:** "Tecnología de refrigeración y aire acondicionado" William C. Whitman, William M, Johnson

**Libro:** "Manual de aire acondicionado" Carrier

**Libro:** "Fontanería e instalaciones de climatización" Agustín González Ruiz

**Libro:** "Técnicas de refrigeración" Luis Jutglar, Ángel L. Miranda

**Internet:** <http://www.ursa.es/es-es/descargas/programas-decalculo/paginas/calculo-de-conductos-de-aire-acondicionado.aspx>

**Internet:** <http://www.isover.net/programaconductos/>

**Internet:** [http://www.airefrio.com/catalogos-fabricantes-aire-acondicionado/Mitsubishi\\_Electric\\_14.pdf](http://www.airefrio.com/catalogos-fabricantes-aire-acondicionado/Mitsubishi_Electric_14.pdf)

**Internet:** [http://issuu.com/jeditsao/docs/mitsubishi\\_electric\\_2011](http://issuu.com/jeditsao/docs/mitsubishi_electric_2011)

**Internet:** <http://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/producto/gama-vrf-city-multi>

**Internet:** <http://www.daikin.es/area-de-profesionales/climatizacion-para-su-negocio/bancos/vrv/>

**Internet:** <http://colaboraeducacion.juntadeandalucia.es/educacion/colabora/documentos/14780/317179/Manual+Tecnico+Mitsubitshi+electric.pdf>

**Internet:** [http://www.cadisaingenieros.com/wp-content/files\\_mf/1435822527serieadeqs.pdf](http://www.cadisaingenieros.com/wp-content/files_mf/1435822527serieadeqs.pdf)

**Internet:** [http://www.leroymerlin.es/productos/climatizacion/aire\\_acondicionado\\_fijo/como-elegir-aire-acondicionado.html#Calcula-los-watios](http://www.leroymerlin.es/productos/climatizacion/aire_acondicionado_fijo/como-elegir-aire-acondicionado.html#Calcula-los-watios)

**Internet:** <http://www.fujitsu-aire-acondicionado-por-conductos.com/>

**Internet:** <http://www.daikin-conductos-aire-acondicionado.com/>

**Internet:** <http://www.gasfriocalor.com/aire-acondicionado-lg-conductos-um42-uu42w>

**Internet:** <http://www.leroymerlin.es/fp/15164660/rollo-de-cobre-aislado-?idCatPadre=4942&pathFamiliaFicha=0806>

**Internet:** [http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Instalaciones/IC\\_Cal efaccion\\_\\_climatizacion\\_y\\_A/Sistemas\\_de\\_conduccion\\_de\\_aire/Conducto\\_de\\_chapa\\_galvanizada.html](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Instalaciones/IC_Cal efaccion__climatizacion_y_A/Sistemas_de_conduccion_de_aire/Conducto_de_chapa_galvanizada.html)

**Internet:** <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=6>

**Internet:** <http://personales.uncan.es/renedoc/Trasparencias%20WEB/Trasp%20AA/010%20Dist%20Aire%20OK.pdf>

[http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/calculaprecio.asp?Valor=3|0\\_0\\_0\\_1\\_1|0|ICN010|icn\\_010:c16\\_0\\_1\\_0\\_0](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=3|0_0_0_1_1|0|ICN010|icn_010:c16_0_1_0_0)

**Internet:** <http://www.salvadorescoda.com/tarifas/>

**Internet:** <http://www.jmcprl.net/NORMATIVA%20COMPLEMENTARIA/24-Rite/ITE-02.HTM>

**Internet:** <http://www.gsf.es/index.php/tarifas/refrigeracion>

**Bases:** RITE

**Bases:** ASHRAE

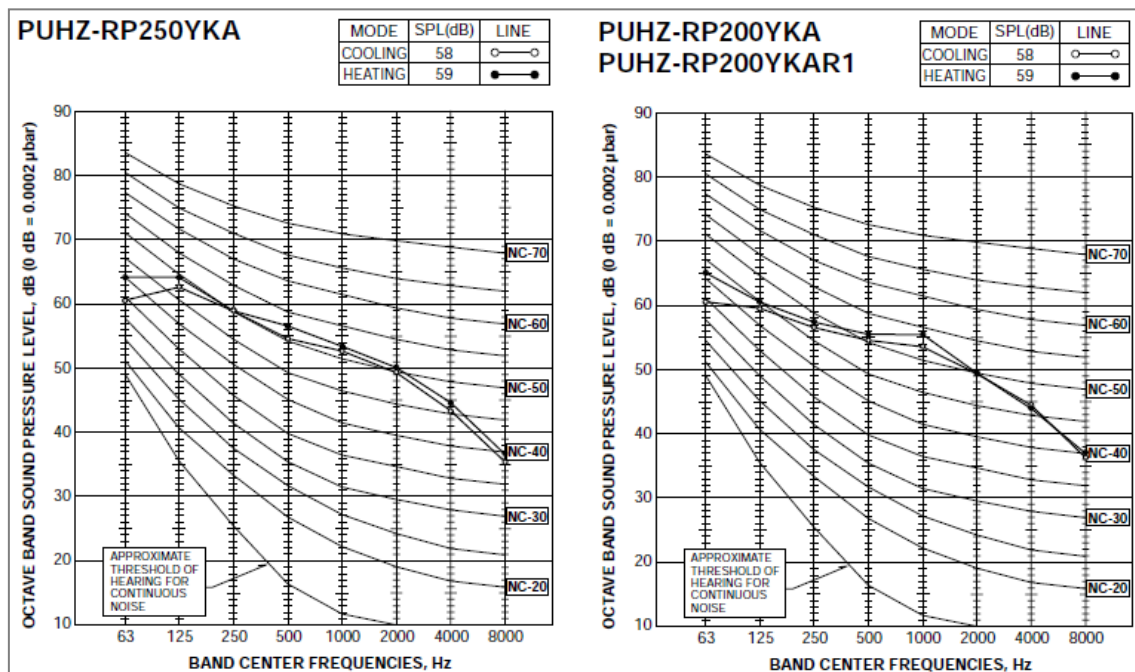
## 12. ANEXO EQUIPOS

### 12.1 Condensador PUAZ-RP200-250

#### 12.1.1. Especificaciones

Service Ref.				PUHZ-RP200YKA PUHZ-RP200YKAR1		PUHZ-RP250YKA	
Mode				Cooling	Heating	Cooling	Heating
OUTDOOR UNIT	Power supply (phase, cycle, voltage)			3 phase 50Hz, 400V			
	Max. current		A	19		21	
	External finish			Munsell 3Y 7.8/1.1			
	Refrigerant control			Linear Expansion Valve			
	Compressor			Hermetic			
	Model			ANB52FFQMT		ANB66FFRMT	
	Motor output		kW	4.7		5.5	
	Protection devices			HP switch Comp. shell thermo Discharge thermo			
	Crankcase heater		W	—			
	Heat exchanger			Plate fin coil			
	Fan	Fan(drive) × No.		Propeller fan × 2			
		Fan motor output		0.150 + 0.150			
		Airflow		m³/min(CFM) 140(4,940)			
	Defrost method			Reverse cycle			
	Noise level	Cooling	dB	58		58	
		Heating	dB	59		59	
Dimensions	W	mm(in.)	1,050(41-5/16)				
	D	mm(in.)	330 + 30(13+1-3/16)				
	H	mm(in.)	1,338(52-11/16)				
Weight		kg(lbs)	135(297)		141(311)		
Refrigerant			R410A				
Pipe (Model)	Charge	kg(lbs)	7.1(15.7)		7.7(17.0)		
	Oil (Model)		L		1.70(FV50S)		
	L		1.70(FV50S)		1.70(FV50S)		
REFRIGERANT PIPING	Pipe size O.D.	Liquid	mm(in.)	9.52(3/8)		12.7(1/2)	
		Gas	mm(in.)	25.4(1)		25.4(1)	
	Connection method	Indoor side	Flared				
		Outdoor side	Flared & Brazing				
	Between the indoor & outdoor unit	Height difference	Max. 30m				
		Pipina length	Max. 120m				

#### 12.1.2. Curvas criterio de ruidos.





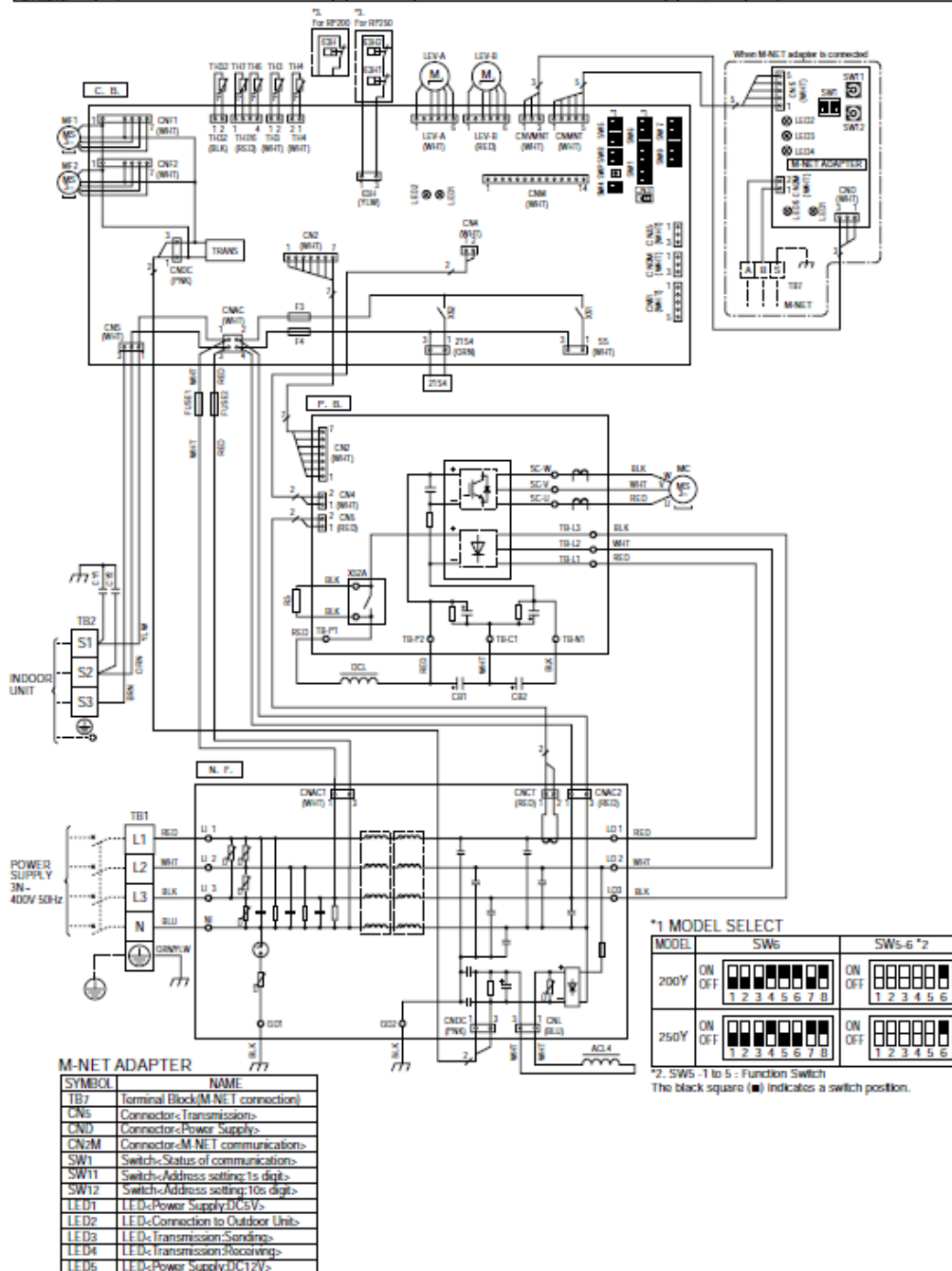
### 12.1.3. Datos de operación

Representative matching			PLA-RP100BA3 ×2		PLA-RP125BA2 ×2	
Mode			Cooling	Heating	Cooling	Heating
Total	Capacity	W	19,000	22,400	22,000	27,000
	Input	kW	5.50	5.70	6.83	7.48
Electrical circuit	Indoor unit		PLA-RP100BA3		PLA-RP125BA2	
	Phase , Hz		1, 50		1, 50	
	Voltage	V	230		230	
	Current	A	1.00 × 2	0.94 × 2	1.07 x 2	1.00 × 2
	Outdoor unit		PUHZ-RP200YKA PUHZ-RP200YKAR1		PUHZ-RP250YKA	
	Phase , Hz		3, 50		3, 50	
	Voltage	V	400		400	
	Current	A	8.19	8.50	10.24	11.26
	Refrigerant circuit	Discharge pressure	Mpa	2.72	2.30	2.96
Suction pressure		Mpa	0.95	0.64	0.88	0.61
Discharge temperature		°C	72	70	72	77
Condensing temperature		°C	46	38	49	44
Suction temperature		°C	16	2	11	3
Ref. pipe length		m	7.5	7.5	7.5	7.5
Indoor side	Intake air temperature	D.B. °C	27	20	27	20
		W.B. °C	19	15	19	15
	Discharge air temperature	D.B. °C	14.4	38.5	13.2	41.5
Outdoor side	Intake air temperature	D.B. °C	35	7	35	7
		W.B. °C	24	6	24	6
SHF			0.79	—	0.77	—
BF			0.13	—	0.10	—

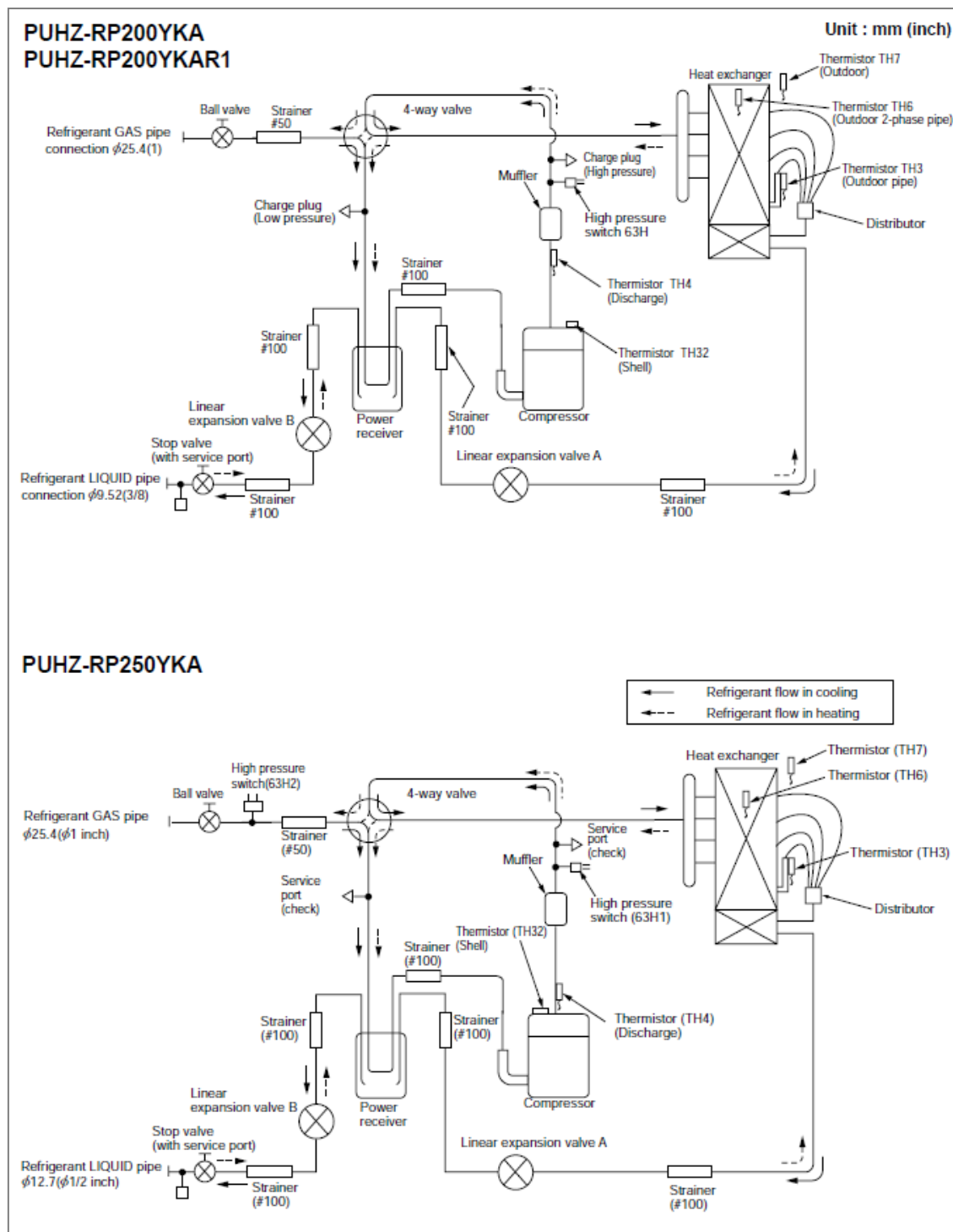
## 12.1.4. Diagrama de instalación

### PUHZ-RP200YKA PUHZ-RP250YKA

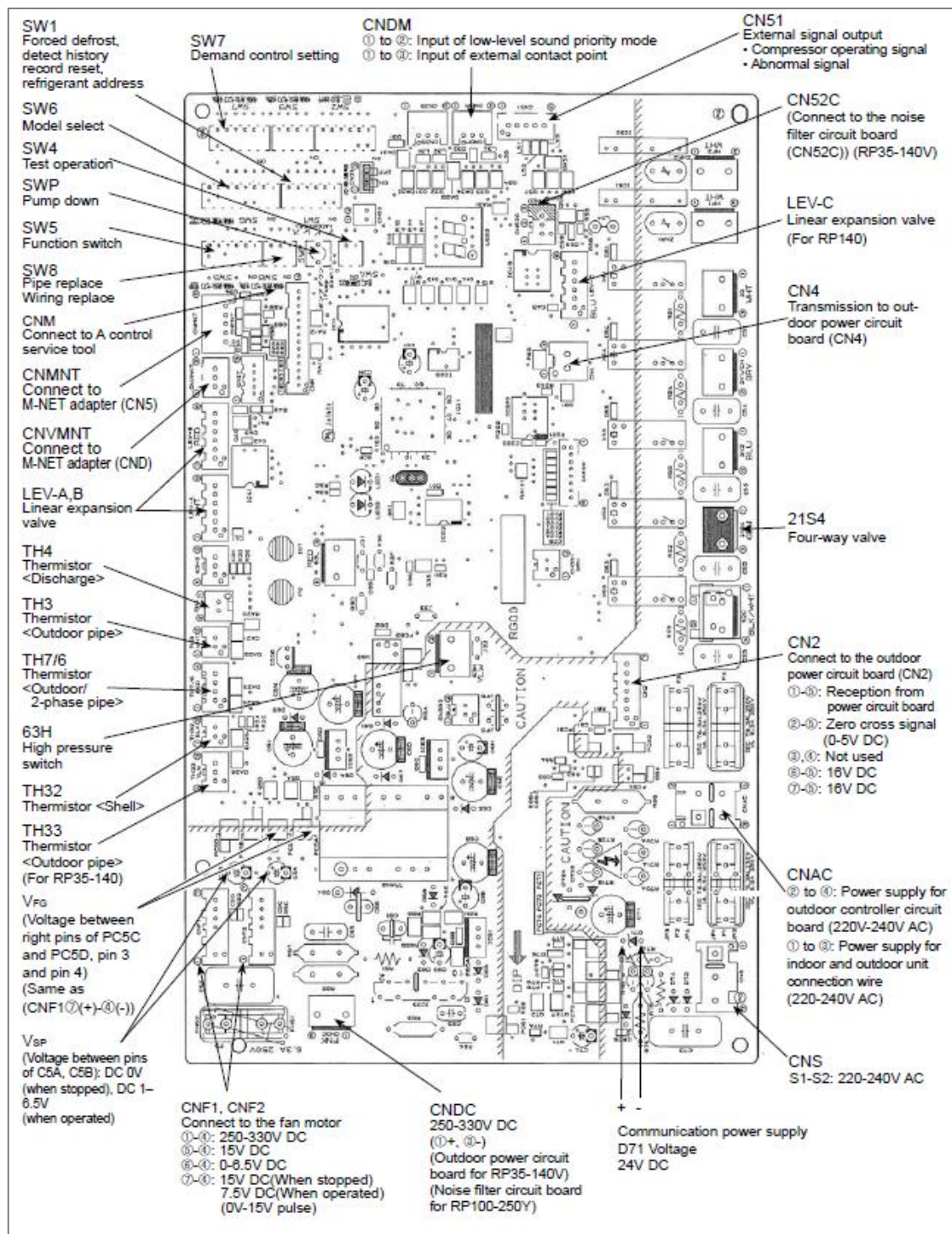
SYMBOL	NAME	SYMBOL	NAME	SYMBOL	NAME
TB1	Terminal Block<Power Supply>	P.B.	Power Circuit Board	SW1	Switch<Function Setup>
TB2	Terminal Block<Indoor/Outdoor>	SC-U/VW	Connection Terminal<U/VW Phase>	SW8	Switch<Function Setup>
MC	Motor for Compressor	TB-L1/L2/L3	Connection Terminal<L1/L2/L3 Power supply>	SW9	Switch
MF1, MF2	Fan Motor	TB-P1	Connection Terminal	SWP	Switch<Pump Down>
215A	Solenoid Valve (Four-Way Valve)	TB-P2	Connection Terminal	CN31	Connector<Emergency Operation>
63H, 63H1, 63H2	High Pressure Switch	TB-C1	Connection Terminal	LED1, LED2	LED<Operation Inspection Indicators>
TH3	Thermistor<Outdoor Pipe>	TB-N1	Connection Terminal	F3, F4	Fuse< T6.3A/250V>
TH4	Thermistor<Discharge>	X52A	52C Relay	SS	Connector<Connection for Option>
TH6	Thermistor<Outdoor 2-Phase Pipe>	N.F.	Noise Filter Circuit Board	CNM	Connector<A Control Service Inspection Kit>
TH7	Thermistor<Outdoor>	LIV/LQ/LB/N	Connection Terminal<L1/L2/L3/N Power supply>	CNMNT	Connector
TH32	Thermistor<Shell>	LQ/LQ/LQ/LQ	Connection Terminal<L1/L2/L3 Power supply>	CNMNT	Connector
LEV-A, LEV-B	Electronic Expansion Valve	GD1, GD2	Connection Terminal<Ground>	CNDM	Connector
ACL4	Reactor	C.B.	Controller Circuit Board	CNDM	Connector
DCL	Reactor	SW1	Switch<Forced Defrost, Defect History Record Reset, Refrigerant Address>	CND5	Connector<Connection for Option>
CB1, CB2	Main Smoothing Capacitor	SW4	Switch<Test Operation>	CN61	Connector<Connection for Option>
RS	Reset Current Protect Resistor	SW5	Switch<Function Switch>	X51, X52	Relay
FUSE1, FUSE2	Fuse<T15A/250V>	SW6	Switch<Model Select>		
CY1, CY2	Capacitor				



### 12.1.5. Diagrama del sistema de refrigeración



## 12.1.6. Diagrama de puntos de prueba

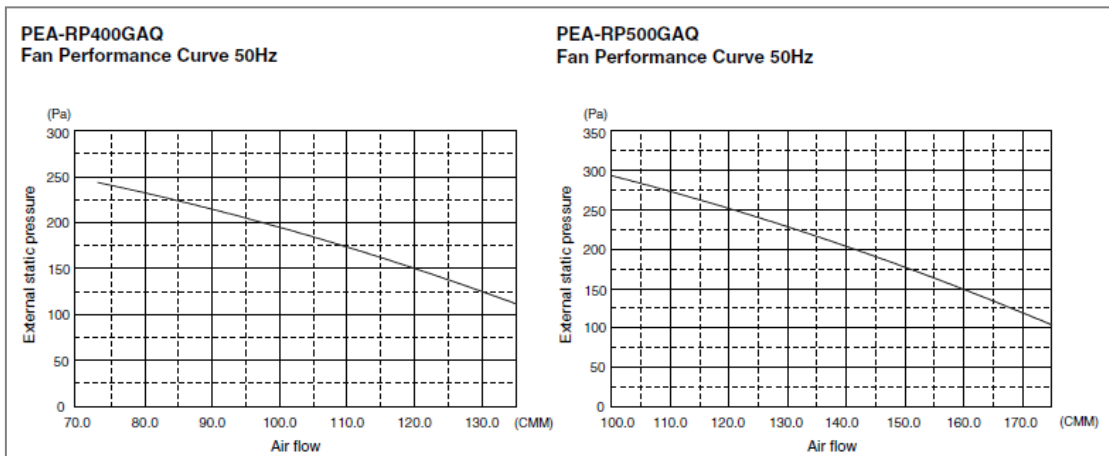


## 12.2. Evaporador PEA-RP400 y PEA RP500

### 12.2.1. Especificaciones

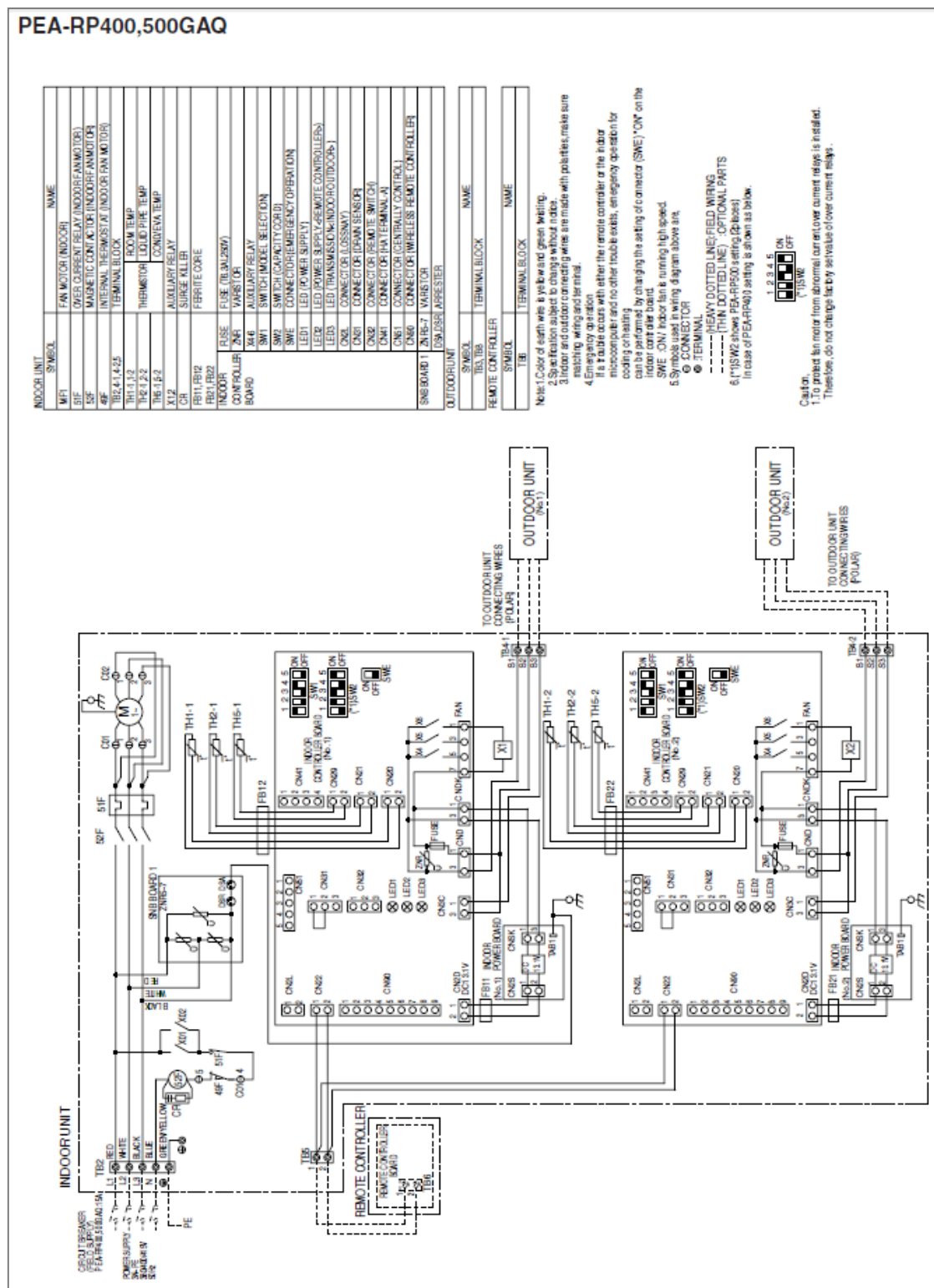
Model name			PEA-RP400GAQ		PEA-RP500GAQ	
Mode			Cooling	Heating	Cooling	Heating
Power supply (phase, cycle, voltage)			3PH 4W 50Hz 380-415V		3PH 4W 50Hz 380-415V	
Input		kW	1.55	1.55	2.84	2.84
Running current		A	3.8	3.8	5.4	5.4
External finish			Galvanized steel		Galvanized steel	
Heat exchanger			Cross fin coil		Cross fin coil	
Fan	Fan (drive) × No.		Centrifugal (direct) ×2		Centrifugal (direct) ×2	
	Fan motor output		1.3		1.8	
	Airflow	CMM	120		160	
		L/s	2,000		2,667	
	External static pressure	Pa	150		150	
		mmAq	15		15	
Operation control & Thermostat			Remote control & built in		Remote control & built in	
Sound level		dB(A)	52		53	
Drain connection			R1		R1	
Dimensions	H	mm	595		595	
	W	mm	1947		1947	
	D	mm	764		764	
Weight		kg	130		133	
		lbs	286		293	

### 12.2.2. Curva de actuación del ventilador

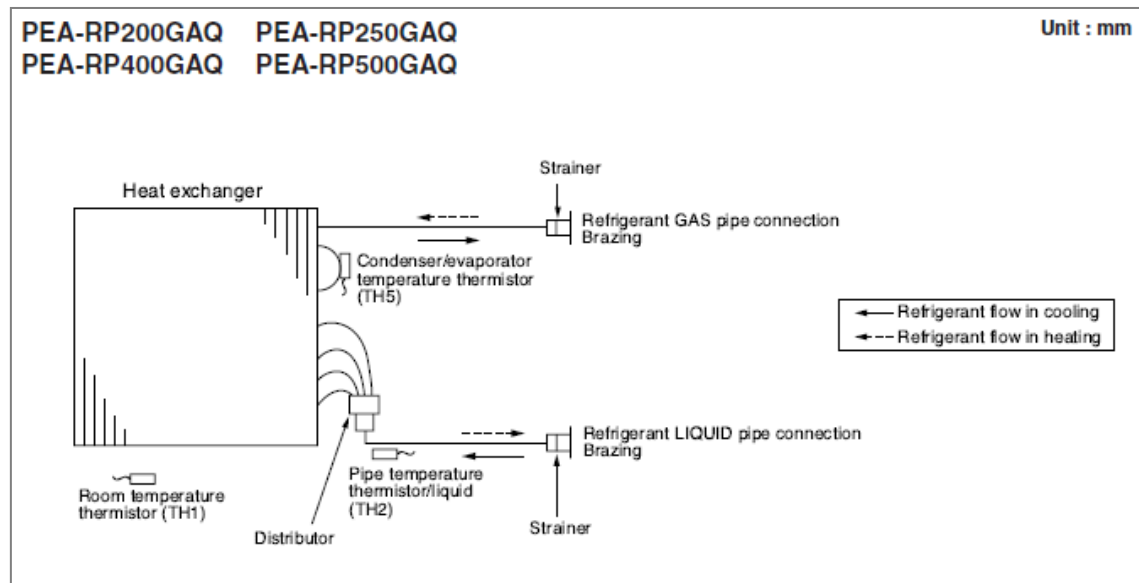




### 12.2.3. Diagrama de instalación

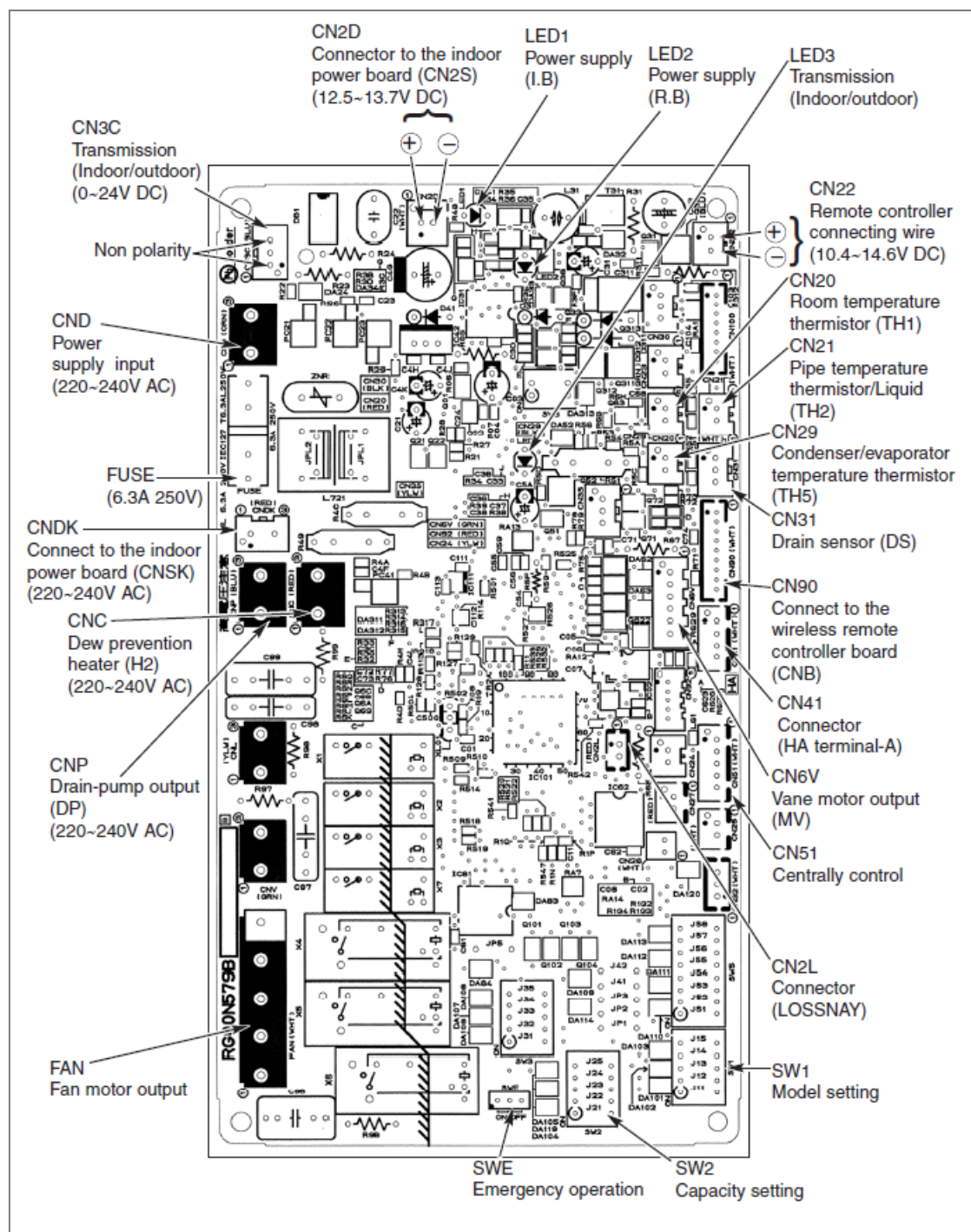


#### 12.2.4. Diagrama del sistema de refrigerante

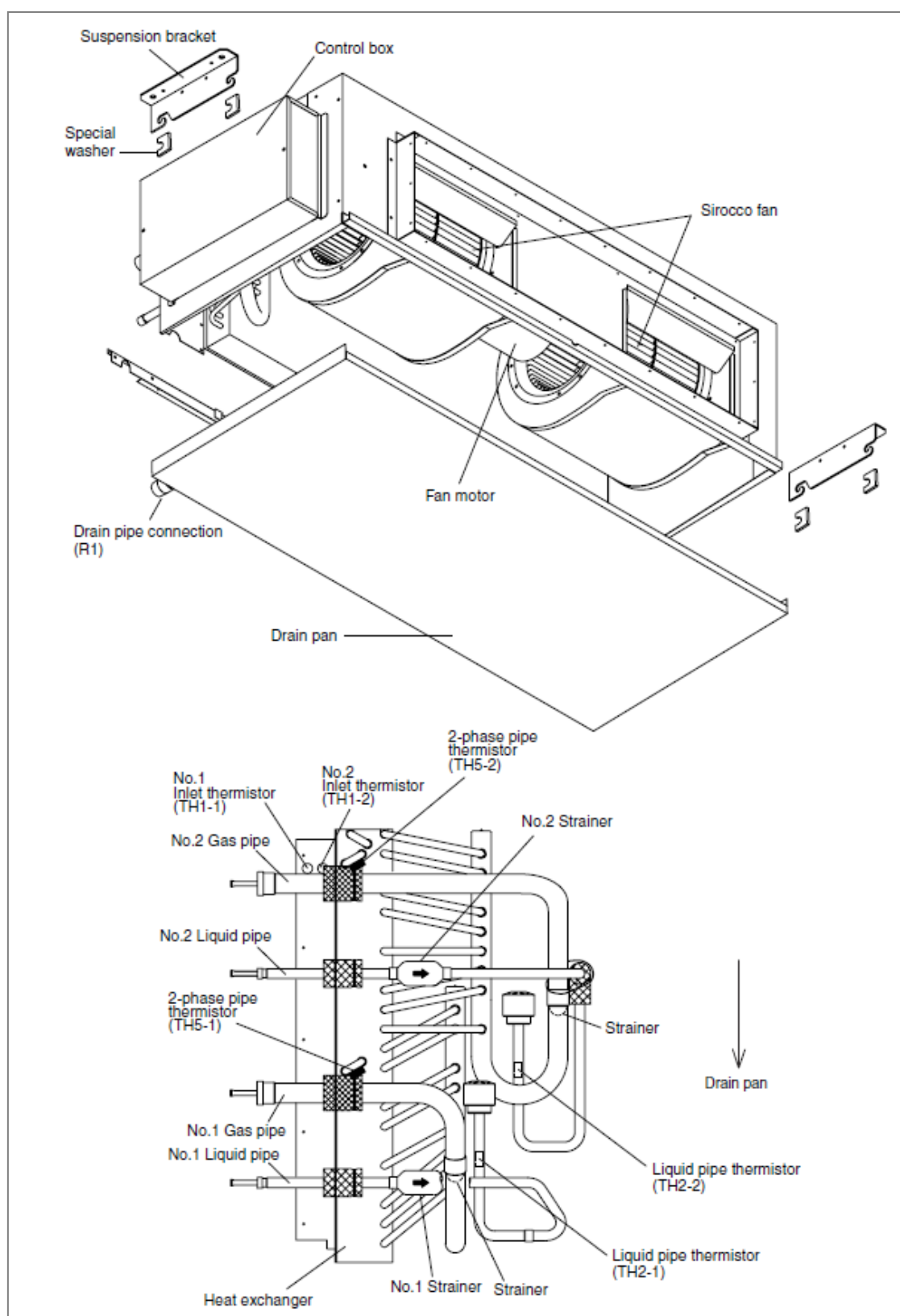




## 12.2.5. Diagrama de puntos de prueba



### 12.2.6. Documentación de servicio (partes del evaporador)



## 12.3. Ventilador aire exterior

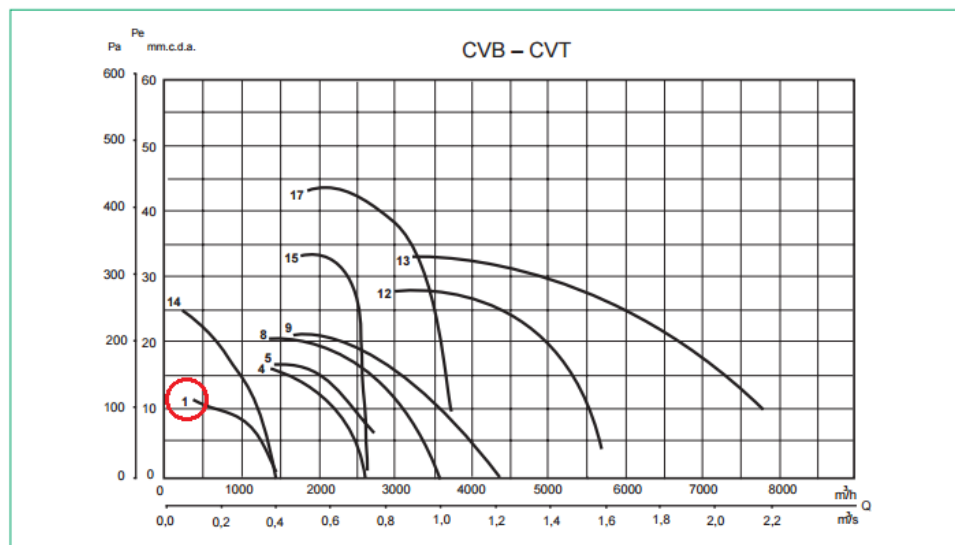
### 12.3.1. Características técnicas

Modelo	Curva n°	Velocidad	Potencia motor		Protección	Clase	Intensidad absorbida monofásico 50 Hz 230 V (A)	Intensidad absorbida trifásico 50 Hz		Caudal máximo  (m³/h)	Nivel de presión sonora*  (dB(A))	Peso  (kg)
		(r.p.m.)	(W)	(CV)				230 V (A)	400 V (A)			
6 POLOS												
CVB-180/180-N-72W	1	900	72	1/10	IP44	F	0,9	–	–	1410	55	22
CVB-240/180-N-120W	2	900	120	1/6	IP44	F	1,7	–	–	2430	60	34
CVB-240/180-N-250W	3	900	250	1/3	IP44	F	1,9	–	–	2680	61	35
CVB-240/240-N-120W	4	900	120	1/6	IP44	F	1,7	–	–	2600	58	35
CVB-240/240-N-250W	5	900	250	1/3	IP44	F	1,9	–	–	2720	61	36
CVB-270/200-N-250W	6	900	250	1/3	IP44	F	3,0	–	–	3430	62	41
CVB-270/200-N-370W	7	900	370	1/2	IP44	F	4,0	–	–	3950	64	42
CVB-270/270-N-250W	8	900	250	1/3	IP44	F	3,0	–	–	3550	61	43
CVB-270/270-N-370W	9	900	370	1/2	IP44	F	4,0	–	–	4340	66	44

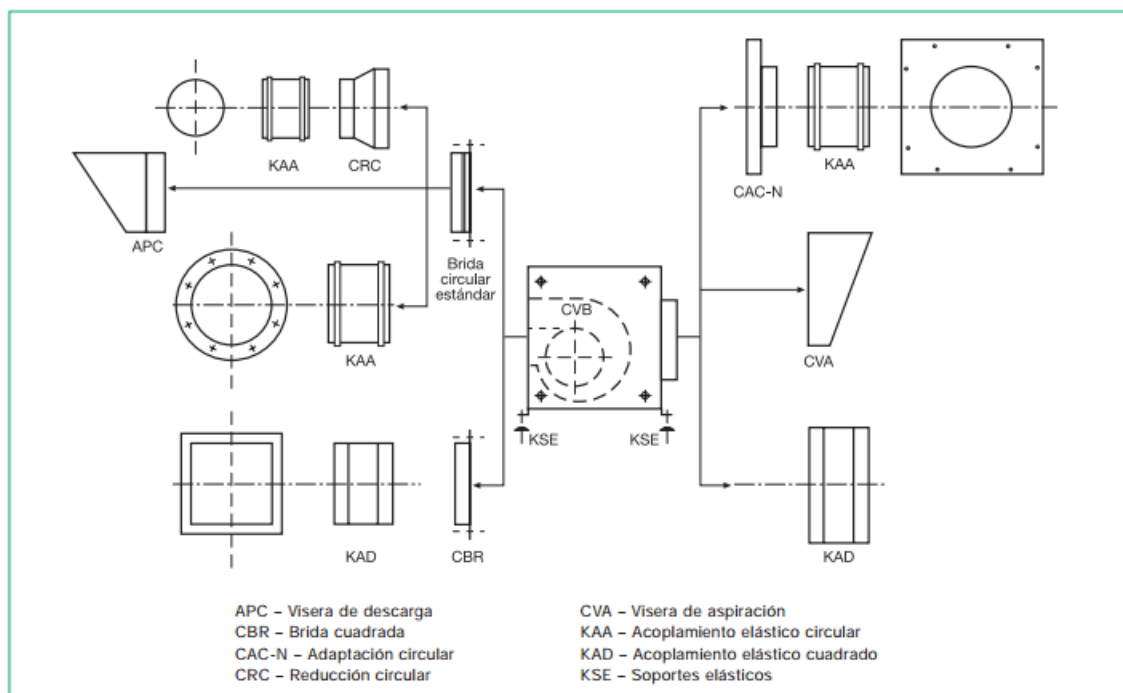
### 12.3.2. Características acústicas

Modelo		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CVB-180/180 -N- 72W	ASP	26	30	36	41	39	31	29	21
CVB-180/180 -N- 72W	DESC	26	32	39	45	51	49	46	40
CVB-180/180 -N- 72W	RAD	26	27	29	30	28	21	16	10
CVB-240/180 -N- 120W	ASP	25	34	44	49	45	37	34	24
CVB-240/180 -N- 120W	DESC	25	36	47	53	57	55	51	43
CVB-240/180 -N- 120W	RAD	25	31	37	38	34	27	21	13
CVB-240/180 -N- 250W	ASP	29	37	46	50	46	38	34	24
CVB-240/180 -N- 250W	DESC	29	39	49	54	58	56	51	43
CVB-240/180 -N- 250W	RAD	29	34	39	39	35	28	21	13
CVB-240/240 -N- 120W	ASP	26	34	43	47	43	35	31	21
CVB-240/240 -N- 120W	DESC	26	36	46	51	55	53	48	40
CVB-240/240 -N- 120W	RAD	26	31	36	36	32	25	18	10

### 12.3.3. Curva característica



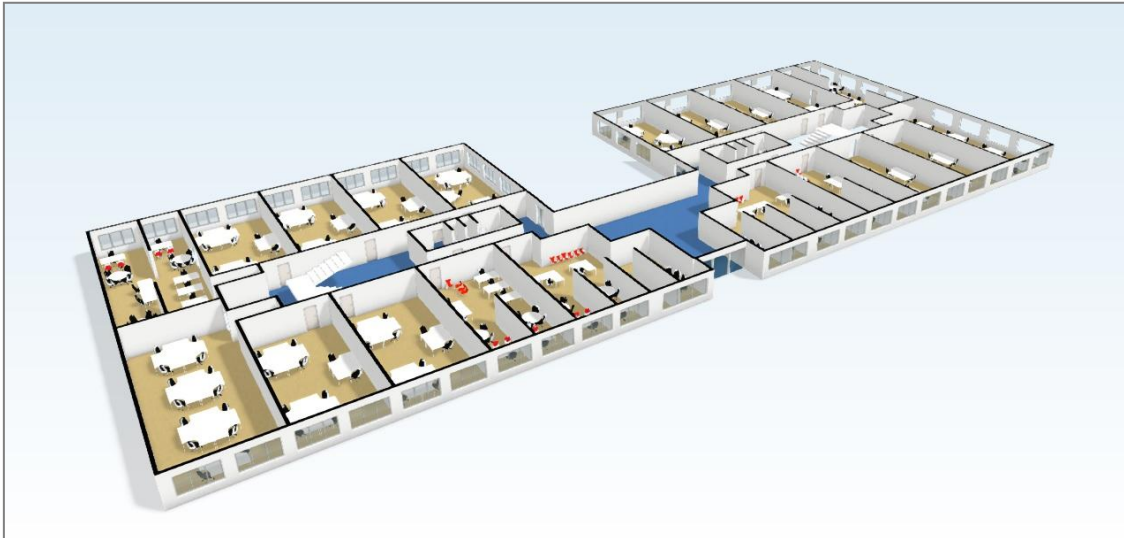
### 12.3.4. Opciones de montaje



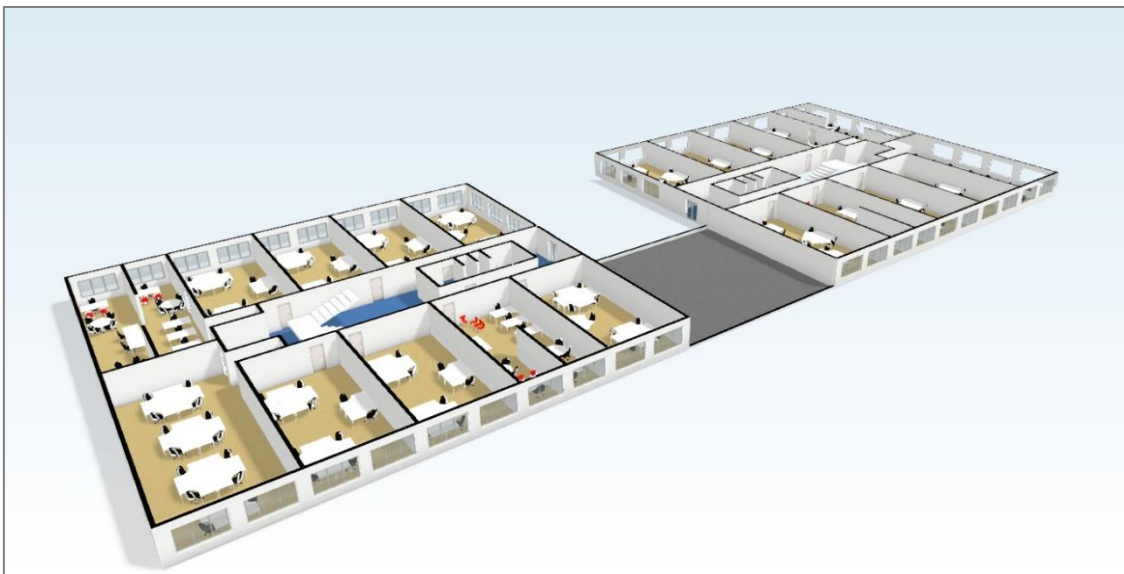
## 13. ANEXO PLANOS

### 13.1. Emplazamiento

#### 13.1.1. Planos 3D Planta baja

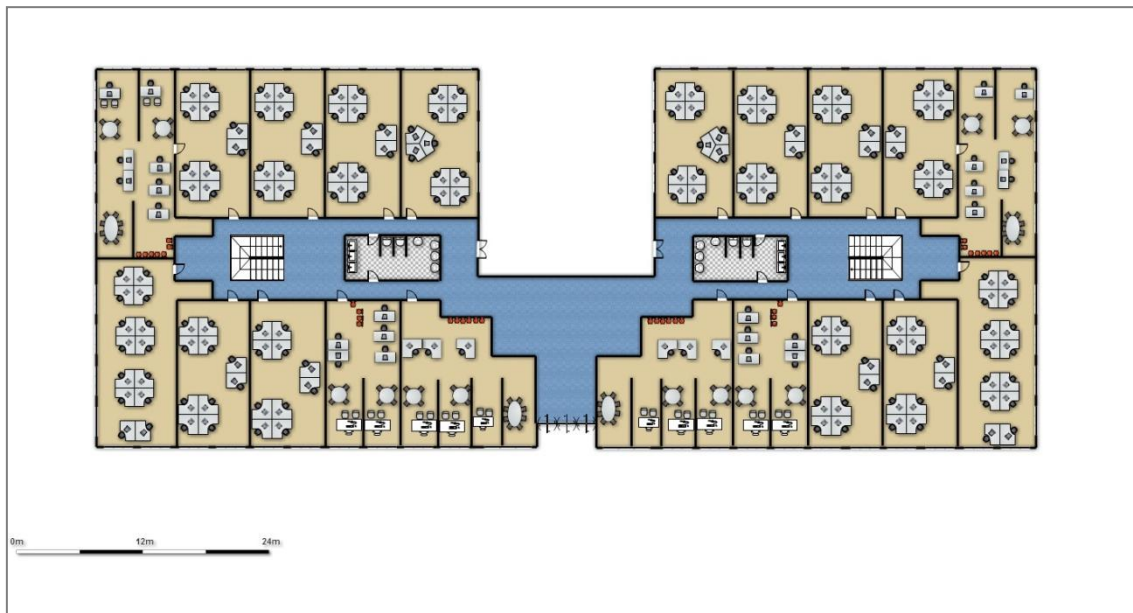


#### 13.1.2. Planos 3D Primera planta.

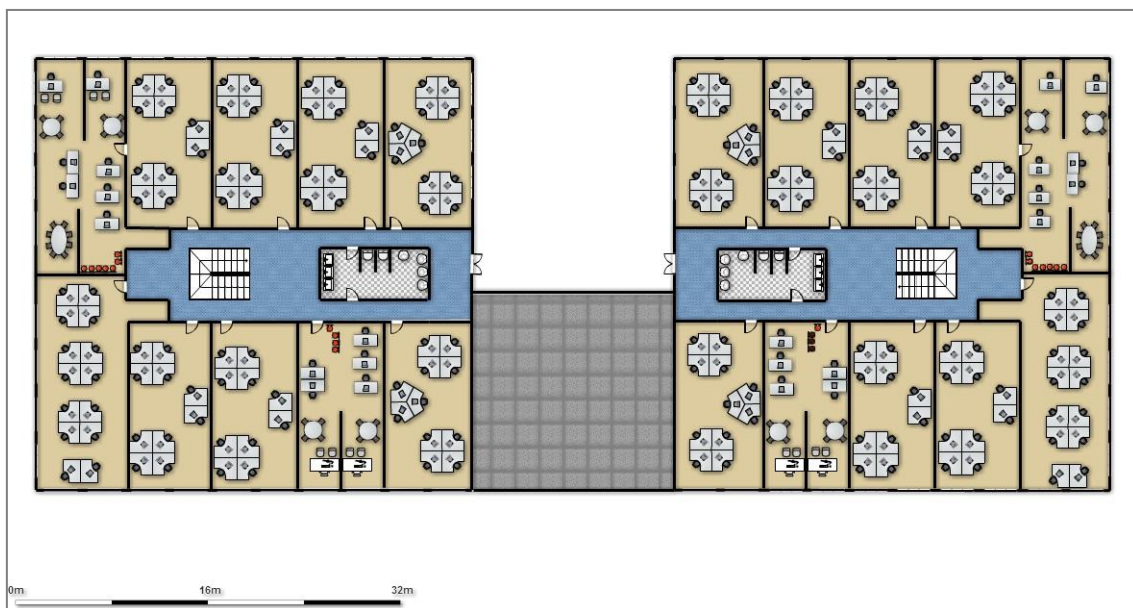




### 13.1.3. Ocupación en Planta baja.



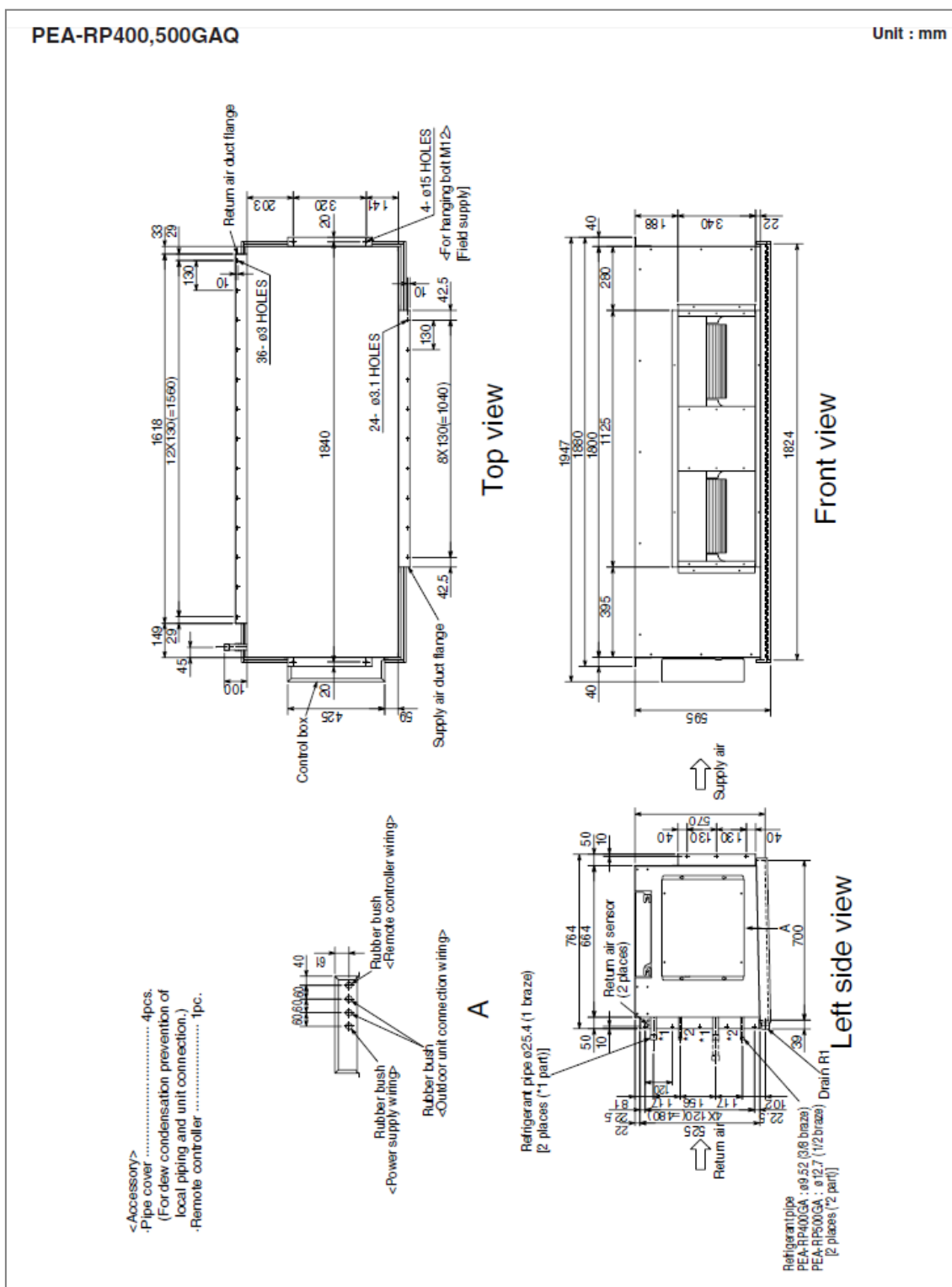
### 13.1.4. Ocupación en Primera planta.



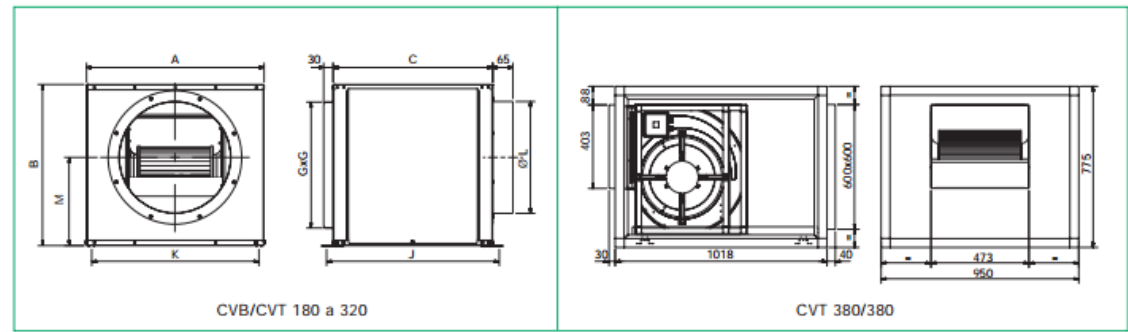




### 13.3. Evaporador PEA-RP400 y PEA RP500



13.4. Ventilador aire exterior CVB/CVT 180 (mm)



M x N: Brida de entrada / M = Anchura x N = Altura (ver esquema de montajes).

Modelo	A	B	C	G	J	K	Ø L	M
180/180	455	441	408	325	436	422	250	245
240/180	565	521	508	400	536	532	355	282
240/240	565	521	508	400	536	532	355	282
270/200	605	581	558	450	586	572	400	322
270/270	650	581	558	450	586	572	400	322
320/240	685	669	608	500	636	652	500	376
320/320	685	669	608	500	636	652	500	376

## 14. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Las normas o reglamentos que se han aplicado para la redacción del proyecto son fundamentalmente las siguientes:

- REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios RD 1027/2007 (RITE) y sus Instrucciones técnicas Complementarias (ITE).
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- Documento básica HS 3: Calidad del aire interior, Marzo 2006
- Documento Básico HR Protección frente al ruido, Septiembre 2009
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamentos y normas de obligado cumplimiento del Ayuntamiento Zaragoza y Aragón.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Directiva 98/24/CE (riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. (Impacto ambiental)
- Reglamento (CE) Nº 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero. (Impacto ambiental)
- Documento Básico HE 1 Limitación de demanda energética, Abril 2009
- Documento Básico HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas, Abril 2009
- Directiva 67/548/EEC (Clasificación, etiquetado y envasado de sustancias peligrosas). (Impacto ambiental)
- UNE-EN 12241 "Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales"
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios ITE 1.1.4.2 y la norma UNE 13779.
- UNE 92315:2007: Criterios de medición y cuantificación para trabajos de aislamiento térmico de conductos.
- UNE-EN 13779:2008 Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- R.D. 486/1997 Reglamento de lugares de trabajo.
- UNE-EN 13779:2008 Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos
- UNE-EN 12241: Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales.
- NBE-CT-79: Normativa básica de la edificación. Condiciones Térmicas en los Edificios.